



**ABORDAGEM A UMA ESTRATÉGIA DE GESTÃO DO USO
DA ÁGUA NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA**
**O Caso de Estudo da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas,
S.A.**

José Augusto de Pinho Tavares

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente

Orientador: Doutora Elizabeth da Costa Neves Fernandes D'Almeida Duarte

Co-orientador: Licenciado Philippe Georges Soares Godineau

Júri:

Presidente: Doutor José Luís Monteiro Teixeira, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Vogais: Doutora Elizabeth da Costa Neves Fernandes d'Almeida Duarte, Professora Catedrática do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;
Doutor Rui Marçal de Campos Fernando, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;
Licenciado Philippe Georges Soares Godineau, na qualidade de especialista.

Lisboa, 2009

Agradecimentos

Começo por agradecer, pela oportunidade que me foi dada de ter uma experiência verdadeiramente enriquecedora (tanto a nível pessoal como profissional) e complementar ao percurso e formação académica, frequentando um estágio curricular numa Empresa sólida e de referência no mercado nacional como a Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.. Neste sentido, os meus agradecimentos dirigem-se para o Engenheiro José Mata Torres, que acreditou e reconheceu o trabalho de dois jovens estudantes aceitando a nossa proposta de trabalho a desenvolver, para o Engenheiro Philippe Godineau que me acompanhou e orientou, dentro dos limites inerentes às suas responsabilidades profissionais, no desenvolvimento deste trabalho e à Prof.^a Dr.^a Elizabeth Duarte, que inovou (possibilitando, no ano passado, a realização de um projecto fundamental para a realização deste trabalho, no âmbito da Unidade Curricular de Tecnologias de Tratamento de Águas/Águas Residuais) e incentivou esta jornada de formação pessoal com as palavras certas (nem sempre as que gostaria de ouvir mas principalmente as que precisava de ouvir). Agradeço também a todos os funcionários da SCC, pela sua colaboração e disponibilidade, em especial ao Sr. Videira, incansável na disponibilização de ajuda, de informação e esclarecimento de dúvidas que só um profundo conhecedor da SCC poderia disponibilizar.

Agradeço ao Grande Ser Humano, o Eng.^o André Oliveira, companheiro nesta aventura na SCC, pelos bons momentos de diversão e também de trabalho que muito contribuíram para ultrapassar algumas adversidades ao longo dos nove meses deste estágio.

Este trabalho é resultado de muito mais do que os nove meses de estágio dedicado. É o resultado de muitos anos de trabalho e formação e um ponto de mudança da minha vida pessoal, como sendo a última prova para conclusão de um projecto de formação académica (certamente outros virão). Assim, não posso deixar de agradecer todo o apoio, incentivo e alegria que, indirectamente, possibilitaram este momento. Agradeço por isso à minha família, à Inês, à “malta da casinha” e do bar do Paulo (resumindo, todos os que me acompanharam no meu trajecto no ISA, são muitos e sabem quem são) e claro ao “Krika Pack” e a todo o Curso de 94 (um grande Zacatraz para todos!).

Agradeço também a mim próprio, à resiliência, força de vontade e algum sacrifício, sem os quais este trabalho teria sido meramente uma miragem.

Mais uma vez, muito obrigado a todos!

Resumo

O presente trabalho teve como objectivo a identificação de oportunidades de melhoria ao nível do uso da água e a elaboração de uma proposta de estratégia de gestão que permita apontar soluções para um uso mais eficiente da água na indústria cervejeira. A metodologia encontra-se estruturada em quatro fases de actuação, tendo em conta dois níveis de análise, partindo da macro-escala (a Sociedade Central de Cervejas e Bebidas) como “o universo de estudo” até ao pormenor do componente ou sector do processo produtivo (sistema ou subsistema).

A metodologia adoptada assenta em primeiro lugar na compreensão dos processos envolvidos no consumo de água na unidade fabril, a análise dos perfis de consumo dos principais consumidores identificados e as suas interacções. Através de cálculos de balanço de volume ao longo dos processos e sistemas é possível estabelecer estes perfis, úteis na detecção de oportunidades de melhoria. O cálculo de um conjunto de indicadores de desempenho permite o “benchmarking” das melhores práticas nesta actividade e a medição da eficácia de acções implementadas no universo de estudo.

A estratégia de gestão apresentada está focada na situação actual do universo de estudo e está dividida em três planos temporais de implementação: curto, médio e longo prazo.

Palavras-chave: água, estratégia de gestão, uso eficiente, balanço volúmico, indústria cervejeira

Abstract

This study was designed to identify opportunities for improvement in water use and to develop a proposal for a management strategy that allows identifying solutions for more efficient use of water in the brewing industry. The methodology is structured in four phases of implementation, taking into account two levels of analysis, from the macro-scale (the *Sociedade Central de Cervejas e Bebidas*, S.A.) as "the study universe", to the detail of the component or sector of the production process (system or subsystem).

The methodology is primarily based on understanding the processes involved in water consumption in the plant and on the analysis of consumption profiles of the major consumers identified and their interactions. Through calculations of volume's balance over the processes and systems, can be established these profiles, useful in detecting opportunities for improvement. The calculation of a set of performance indicators allows the "benchmarking" of best practices in this activity and the measurement of the effectiveness of actions implemented in the study universe.

The management strategy presented is focused on the current state of the study universe and is divided into three time levels of implementation: short, medium and long term.

Key-words: water, water management strategy, efficient use of water, water balance, brewing industry

Extended Abstract

The worldwide trend of increasing stress on water resources makes crucial, in strategic terms, the adoption of measures to improve the efficient use of water. For the food industry, especially for the brewing industry, such measures assume greater importance because the water is one of its main raw materials, beyond all the other functions it performs and that are transversal to all areas and sectors.

With *Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.* (SCC) as the object of the present study, we tried to develop a strategy for water management that would find solutions to a more efficient use of water, adapted to its reality and their specific opportunities for improvement.

As a basis for the development of this proposed strategy of water management, a methodology with four stages of action was adopted. The first phase consisted of a long field work, with visits to the plant and information collection from those in charge of SCC, to identify and follow their general processes, their specific water consumption's processes and the complete water's distribution system and water cycle. The second phase was the treatment of all information collected in order to characterize quantitatively the consumption profile of the plant, identify their main consumers and consumption patterns and find closure of the water cycle. In a third phase, we analyzed some issues related to quality of water flows such as the intermediate treatments existent for tuning the water's quality for specific uses or treatments already existent for recycling and reuse, which are of major importance for a more efficient use of water. This phase culminates in the hierarchy of water flows according to their levels of quality. In the last phase of the methodology used, have been incorporated together the main results of previous phases, resulting in water flow diagrams. These are fundamental tools for understanding and synthesizing the main results of the methodological approach, which in turn will be the basis for identifying opportunities for improvement in the management of water use and the development of proposals required to implement these improvements.

This methodological approach was applied in two levels of analysis: at the macro level, given the study universe as a whole, and exploring some aspects at the micro level, where the approach is more detailed and specific. To this end, it was necessary to divide the study universe in systems and, in turn, these in subsystems. The criteria for these divisions were based mainly on the types of operations and processes in the universe of study as well as in their spatial limits, which are not always consistent among them. The definition of the divisions was not immediate, every step of the methodology and the experience and knowledge of the employees of SCC, have contributed. Thus, the distinction was made between the set of specific manufacturing processes of the brewery and all other auxiliary processes, such as two distinct systems. Each of these systems was in turn divided in their processes, where were identified operations or groups of operations end consumers of water. Moving from the macro to the micro-scale of analysis did not cover all of the subsystems, with priority given to subsystems where an analysis at the macro-scale level shown a higher potential for improvement.

The large volume of information collected and the corresponding results of its analysis allowed dividing the proposed strategy for water management in three time levels of implementation: short,

medium and long term. The proposed management strategy presents, both, very specific measures and general guidelines to the current state of SCC, being this transition normal due to the unpredictability of the future, as we move from the short to the long term plans.

Key-words: water, water management strategy, efficient use of water, water balance, brewing industry

Índice Geral

Agradecimentos.....	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Extended Abstract.....	iv
Lista de Quadros.....	viii
Lista de Figuras	x
Lista de Abreviaturas	xii
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento e Oportunidade do Tema	1
1.2 Objectivos.....	2
1.3 Estrutura da Dissertação.....	2
2 O Processo de Produção de Cerveja e Refrigerantes	4
2.1 Maltagem	5
2.2 Brassagem	5
2.3 Fermentação	5
2.4 Maturação	6
2.5 Filtração	6
2.6 Enchimento	6
2.7 Produção de Refrigerantes	7
3 O Uso Eficiente da Água na Indústria	8
3.1 O Uso Eficiente da Água na Indústria Cervejeira.....	14
4 Legislação e Normas Aplicáveis	18
5 Auditoria de Uso da Água.....	21
6 Material e Métodos.....	28
6.1 Caracterização do objecto de estudo	28
6.2 Identificação dos fluxos de água	28
6.3 Quantificação e Balanço dos Fluxos de Água	29
6.4 Níveis de qualidade da água.....	31
7 Resultados e Discussão	33
7.1 Caracterização do universo de estudo	33

7.2	Identificação dos fluxos de água	35
7.3	Tecnologias de Tratamento, Reciclagem e Reutilização de Água.....	39
7.4	Quantificação e balanço dos fluxos de água	42
7.4.1	Malteria.....	50
7.4.2	Brassagem	52
7.4.3	Fermentação e Guarda	54
7.4.4	Filtração.....	55
7.4.5	Enchimento de Garrafas e Latas	57
7.4.6	Enchimento de Barris.....	59
7.4.7	Refrigerantes	60
7.4.8	Balanço da água ao Universo de Estudo.....	61
7.5	Níveis de qualidade da água.....	63
7.6	Diagramas de fluxo.....	64
7.7	Estratégia de Gestão da Água	70
8	Conclusões	74
8.1	Perspectivas Futuras	74
9	Bibliografia	76
Anexos - Bases de Dados e Dados Auxiliares		A.1

Lista de Quadros

Quadro 3.1 – Tabela sumária do consumo de água e volume de águas residuais no sector FDM (<i>fonte:</i> (EIPPCB, 2006)).	15
Quadro 3.2 – Produção de cerveja e os 10 maiores grupos cervejeiros do Mundo em 2002 (MS – cota de mercado) (<i>fonte:</i> (Fillaudeau, Blainpain-Avet, & Daufin, 2006))	15
Quadro 3.3 - Consumo de água para diferentes processos de produção de cerveja (<i>fonte:</i> (EIPPCB, 2006))	16
Quadro 5.1 - Fórmula de balanço da água proposta pela IWA/AWWA numa auditoria do uso da água a sistemas de distribuição de água (<i>fonte:</i> http://allianceforwaterefficiency.org/Water_Audit_Process_Introduction.aspx)	23
Quadro 5.2 - Definições das componentes da metodologia de balanço em sistemas de distribuição de água, proposta pela IWA/AWWA (<i>fonte:</i> http://www.awwa.org/Resources/WaterLossControl.cfm?ItemNumber=48055&navItemNumber=48162)	23
Quadro 5.3 - Indicadores de performance para as perdas de água num sistema de distribuição de água (<i>fonte:</i> http://www.awwa.org/Resources/WaterLossControl.cfm?ItemNumber=48055&navItemNumber=48162)	24
Quadro 6.1 - Análises efectuadas às amostras recolhidas e respectiva bibliografia ou método aplicado	31
Quadro 6.2 - Amostras recolhidas, tipo de amostragem e análises efectuadas às mesmas	32
Quadro 7.1 – Identificação dos sistemas, subsistemas, sub-processos e operações associadas	34
Quadro 7.2 - Tratamentos de afinação da qualidade da água e respectivos fluxos associados	39
Quadro 7.3 - Balanço de água médio diário do mês de Junho, com indicação do volume total médio diário, percentagem do volume médio diário por contador, percentagens do volume total e por contador para cada actividade, percentagens e volumes estimados para cada processo e volumes estimados sem perdas à saída (<i>fonte:</i> Tavares, J. et al, 2008)	51
Quadro A.1 – Base de dados “Utilidades” 2008	A.1.2
Quadro A.2 – Base de dados “Utilidades” 2009	A.1.3
Quadro A.3 – Base de Dados “Contadores” 2008	A.1.4
Quadro A.4 – Continuação da Base de Dados “Contadores” 2008	A.1.5
Quadro A.5 – Base de Dados “Contadores” 2009	A.1.6
Quadro A.6 – Dados de balanço de água recuperada (consumo e produção) 2008	A.1.7
Quadro A.7 – Dados de balanço de água recuperada (produção e consumo) 2009	A.1.8
Quadro A.8 – Consumos de água estimados para a lubrificação dos tapetes transportadores, por linha de enchimento	A.1.9
Quadro A.9 – Dados de tempo de operação e volume de produto enchido, por linha de enchimento (HL: volume cheio; WT: tempo de operação)	A.1.10
Quadro A.10 – Dados de consumos de bombas de vácuo por linha de enchimento	A.1.11

Quadro A.11 – Consumos dos Pasteurizadores e das Lavadoras de garrafas retornáveis do subsistema “Enchimento”	A.1.11
Quadro A.12 – Consumos de água diários da CIP do subsistema “Barris”	A.1.12
Quadro A.13 – Registos das leituras realizadas diariamente a cada contador	A.1.13

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Processo industrial de fabrico de cerveja (fonte: http://lonetreebrewery.com/page4/files/brewing-diagram.jpg).....	4
Figura 3.1 – Distribuição global dos recursos de água (fonte: http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1201542004178&lang=eng).....	8
Figura 3.2 – Captação global de água e o seu consumo (fonte: http://www.unep.org/dewa/assessments/ecosystems/water/vitalwater/14.htm)	9
Figura 3.3 – Evolução do uso global de água: captação e consumo por sector (fonte: http://www.unep.org/dewa/assessments/ecosystems/water/vitalwater/15.htm)	9
Figura 3.4 – Uso da água por tonelada de produto acabado, para algumas indústrias, em m ³ /t (a – quantidade varia com o processo utilizado) (fonte: (UNESCO, 2009)	10
Figura 3.5 - Modelos conceptuais para a minimização do uso da água na indústria: a) Alteração de processos; b) e c) Reutilização de água; d) e e) Reciclagem de água (fonte: (Raskovic, 2007))	12
Figura 3.6 – Potencial de redução de consumo de energia e água na indústria através da Tecnologia “pinch”, por sector (fonte: (Raskovic, 2007)).....	14
Figura 5.1 – Metodologia, passo-a-passo, de condução de uma auditoria do uso da água (fonte: AWWA, 1999).....	22
Figura 5.2 – Processo de auditoria do uso da água (fonte: Sturman, J., 2004).....	25
Figura 7.1 – Delimitação física do objecto de estudo (fonte: Google Earth).....	33
Figura 7.2 – Diagrama em árvore do circuito de distribuição de água	36
Figura 7.3 – Diagrama representativo das entradas e saídas de água do universo de estudo e os contadores associados aos respectivos subsistemas (S/CT = sem contador).....	38
Figura 7.4 - Fluxos de alimentação do circuito de distribuição de água recuperada.....	40
Figura 7.5 – Fluxos de saída do circuito de distribuição de água recuperada	41
Figura 7.6 – Percentagem de consumo anual de 2008 por subsistema (base de dados “Utilidades”) ..	42
Figura 7.7 – Percentagem do consumo anual de 2008 por subsistema (base de dados “Contadores”)	43
Figura 7.8 – Percentagem corrigida de consumo anual de 2008 por subsistema (base de dados “Contadores”).....	43
Figura 7.9 – Evolução do consumo de água de 2008 por subsistema (base de dados “Utilidades”) ..	44
Figura 7.10 – Evolução do consumo de água de 2008 por subsistema (base de dados “Contadores”)	45
Figura 7.11 – Desvios entre os dados das bases de dados “Utilidades” e “Contadores”	45
Figura 7.12 – Evolução do consumo de água de Janeiro de 2008 a Junho de 2009 (“Utilidades” e “Contadores”).....	46
Figura 7.13 – Balanço ao fecho do ciclo da água no circuito de distribuição geral (base de dados “Contadores”).....	47
Figura 7.14 - Balanço ao fecho do ciclo da água no circuito de distribuição geral (base de dados “Utilidades”)	47

Figura 7.15 – Balanço ao circuito de distribuição de água dos furos até ao seu armazenamento	48
Figura 7.16 – Evolução do consumo, produção e variação de armazenamento de água recuperada (Janeiro de 2008 a Março de 2009).....	49
Figura 7.17 – Perfil de consumo de água da Malteria por consumidores finais.....	51
Figura 7.18 – Perfis de consumo de água associados ao subsistema “Brassagem” (Janeiro de 2008 a Junho de 2009).....	53
Figura 7.19 – Evolução dos fluxos de saída de água do processo de “Produção” (Janeiro de 2008 a Junho de 2009).....	54
Figura 7.20 – Perfil de consumo de água do subsistema “Fermentação e Guarda”, por contador associado	55
Figura 7.21 – Evolução dos fluxos de entrada de água mensais no subsistema “Filtração” (Janeiro de 2008 a Junho de 2009)	56
Figura 7.22 – Perfis de consumo dos principais utilizadores finais de água (Janeiro de 2008 a Junho de 2009)	58
Figura 7.23 – Perfis de consumo de água no subsistema “Enchimento de Barris” (Janeiro de 2008 a Junho de 2009).....	59
Figura 7.24 – Perfis de consumo de água do subsistema “Refrigerantes” (Janeiro de 2008 a Junho de 2009)	60
Figura 7.25 – Balanço ao fecho do ciclo da água na SCC.....	61
Figura 7.26 – Balanço ao ciclo da água na SCC e evolução do consumo (corrigido).....	62
Figura 7.27 – Hierarquização dos níveis de qualidade da água	64
Figura 7.28 – Diagrama de fluxos geral da SCC	65
Figura 7.29 – Diagrama de fluxos do subsistema “Enchimento de Garrafas e Latas”	66
Figura 7.30 – Diagrama de fluxos do subsistema “Enchimento de Barris”	67
Figura 7.31 – Diagrama de fluxos do subsistema “Brassagem”	67
Figura 7.32 – Diagrama de fluxos do subsistema “Fermentação e Guarda”	68
Figura 7.33 – Diagrama de fluxos do subsistema “Refrigerantes”	68
Figura 7.34 – Diagrama de fluxos do subsistema “Filtração”	69
Figura 7.35 – Diagrama de fluxos do subsistema “Malteria”	69
Figura 7.36 – Diagrama de fluxos do circuito de distribuição de água recuperada.....	70
Figura 7.37 – Amplitude máxima económica equivalente de diferença entre balanços	72

Lista de Abreviaturas

- ARP** – Assembleia da República Portuguesa
AWWA – American Water Works Association
BREF – Documentos de Referência das Melhores Técnicas Disponíveis
CIP – Cleaning In Place
DL – Decreto-Lei
ETA – Estação de Tratamento de Água
ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais
FDM – *Food, Drink's and Milk Industries*
hl - hectolitro
IISD – International Institute for Sustainable Development
INAG – Instituto Nacional da Água
ISA – Instituto Superior de Agronomia
ISO – International Organization for Standardization
IWA – International Water Association
KPI – *Key Performance Indicator*
LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil
m³ – metro cúbico
MAOT – Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território
MTD – Melhores Técnicas Disponíveis
OI – Osmose Inversa
PCIP – Prevenção e Controlo Integrado da Poluição
PEAASAR II - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais
2007
PNUEA – Plano Nacional de Uso Eficiente da Água
SCC – Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.
REAI – Regime de Exercício da Actividade Industrial
UV – Ultra-violeta

1 Introdução

1.1 Enquadramento e Oportunidade do Tema

O uso eficiente da água não é um tema novo. Desde a antiguidade, sendo a água um bem essencial à vida, a escassez de água sempre foi um problema que afectou determinadas regiões, gerações ou civilizações, sendo bem ultrapassado nuns casos e menos bem noutros. A grande diferença entre cada um deles, e até mesmo entre a actualidade, é o seu enquadramento. Actualmente, vivendo cada vez mais como uma “aldeia global”, a temática da água perdeu grande parte do seu teor local sendo também um problema cada vez mais global, afectando todos no nosso planeta, seja directa ou indirectamente através de conflitos económicos e sociais entre os povos. A água é um bem essencial à vida: muitos organismos são constituídos por 90% de água, o corpo humano é constituído por 65% de água e o Homem conseguirá sobreviver no máximo três dias sem a beber (Lens, Pol, Wilderer, & Asano, 2002). No entanto, ao contrário dos recursos hídricos do nosso planeta (em termos de quantidade) que se mantêm os mesmos desde a sua formação, a população mundial não pára de aumentar, criando assim um stress sobre a utilização do recurso, que por sua vez também se diversificou, tornando-a num factor económico produtivo. Esta particular dualidade da água entre “bem essencial à vida” e “factor económico produtivo” poderá levantar desafios bem sérios à humanidade se não for gerida de um modo sustentável. E o desafio que se nos põe, para já, é a valorização da sinergia entre estes dois aspectos fulcrais: poupar a água em quantidade e qualidade, como factor económico produtivo que é, de forma a que possa servir sustentadamente a essencialidade da Vida.

Mais objectivamente, podemos enquadrar a temática do uso eficiente da água nos nossos dias com a Lei-Quadro da Água, o Plano Nacional de Uso Eficiente da Água (PNUEA), a Directiva Protecção e Controlo Integrado da Poluição (PCIP) e os Documentos de Referência das Melhores Técnicas Disponíveis (BREF's). Directivas comunitárias ou documentos de referência, estes estabelecem os requisitos que deverão ser cumpridos pelas entidades ou indústrias passíveis de provocar poluição, de forma a prevenir ou minimizar a poluição e a degradação dos recursos hídricos. Estas representam esforços concertados de investigação, desenvolvimento e trocas de informação entre entidades públicas, privadas e de investigação e desenvolvimento, motivadas pela consciência da importância da protecção dos recursos naturais e meio ambiente, que poderão ter reflexos positivos economicamente.

O tema deste trabalho surge então no seguimento do trabalho realizado no ano lectivo transacto, no âmbito da Unidade Curricular do Mestrado em Engenharia do Ambiente de Tecnologias de Tratamento de Águas/Águas Residuais, na unidade industrial de Vialonga da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas (SCC), com o título “Abordagem Sistemática ao Uso Eficiente da Água na Malteria da SCC”. Os resultados obtidos foram positivos, despertando-nos desde logo grande interesse na sua continuação e aprofundamento. A motivação dos responsáveis da SCC presentes na reunião de apresentação do trabalho foi igualmente positiva, sendo o relatório de sustentabilidade, “O Nosso Compromisso 08” (SCC, 2008), publicado pela SCC, mais uma demonstração da

preocupação e envolvimento da empresa nas questões ambientais. A implementação do Sistema de Gestão de Qualidade e o Licenciamento Ambiental desta unidade industrial reforçam ainda mais este enquadramento e a potencial utilidade do trabalho.

Vários trabalhos realizados nesta área demonstram que uma melhoria de desempenho ambiental poderá trazer benefícios, não só ambientais como também, a nível económico, melhorando ainda a imagem da empresa perante os seus clientes e *stakeholders*. Estes benefícios tornam-se ainda mais evidentes na conjuntura actual, onde a crise económica mundial e a tendência para o aumento do custo da água urgem tomadas de medidas dinamizadoras e diferenciadoras das empresas no mercado global. Serão, neste sentido, referenciados alguns exemplos e casos de estudo onde tal ficou claramente demonstrado.

1.2 Objectivos

O trabalho desenvolvido nesta dissertação visa avaliar o potencial de implementação de um plano de uso eficiente da água na Sociedade Central de Cervejas e Bebidas S.A., identificando oportunidades de implementação de medidas que contribuam para uma melhor gestão do recurso que é a água. Esta melhoria da eficiência da utilização da água no sector industrial deve ser gerida de forma a nunca comprometer os processos de fabrico e respectiva eficácia e qualidade.

Pretende-se, numa primeira fase, diagnosticar o uso da água na unidade industrial e identificar o seu ciclo na mesma. Esta primeira fase é considerada de grande importância pois será a base para a análise e planeamento de qualquer acção futura incidente sobre a utilização da água no universo em estudo, facultando uma “imagem mais nítida” sobre a mesma.

Como forma de medição e comparação das melhorias da eficiência do uso da água serão abordados alguns KPI's (Key Performance Indicators) como o consumo de água por volume de produto acabado, expresso hl/hl e m³/ hl por uma questão de possibilidade de comparação directa com as diversas referências existentes sobre este assunto.

1.3 Estrutura da Dissertação

O presente trabalho está dividido em quatro partes fundamentais: Revisão Bibliográfica, Materiais e Métodos, Resultados e Conclusões.

A primeira parte (Revisão Bibliográfica) é constituída pelos Capítulos 2 a 5, a segunda parte pelo Capítulo 6, a terceira parte pelo Capítulo 7 e a quarta parte pelo Capítulo 8.

O Capítulo 2 aborda sucintamente o processo de produção de cerveja e refrigerantes (muitas vezes associada à numa mesma unidade industrial à produção de cerveja, como o é neste caso de estudo) à escala industrial.

O Capítulo 6 (subdivido em quatro subcapítulos) consiste na descrição da metodologia utilizada como abordagem ao uso eficiente da água no universo de estudo do trabalho.

O Capítulo 7 é referente aos resultados obtidos da abordagem metodológica utilizada, bem como à estratégia de gestão do uso eficiente da água proposta para a situação actual do universo de estudo.

No Capítulo 8 são indicadas as principais conclusões da realização deste trabalho no âmbito de uma Dissertação de Mestrado e algumas perspectivas futuras e oportunidades de melhoria do trabalho apresentado.

2 O Processo de Produção de Cerveja e Refrigerantes

A cerveja é uma bebida alcoólica resultante da fermentação de açúcares do malte, previamente processado a partir da cevada através do processo de Maltagem (Ribeiro, 2005).

A receita para a produção desta bebida poderá variar, dando origem às inúmeras cervejas existentes no mercado mundial, variando o tipo de malte utilizado, as quantidades dos seus ingredientes, o factor de diluição e, em alguns casos, a introdução de aromatizantes. Os ingredientes típicos de uma cerveja são: malte, milho, trigo ou arroz, lúpulo e água, a qual constitui o ingrediente com maior percentagem no produto.

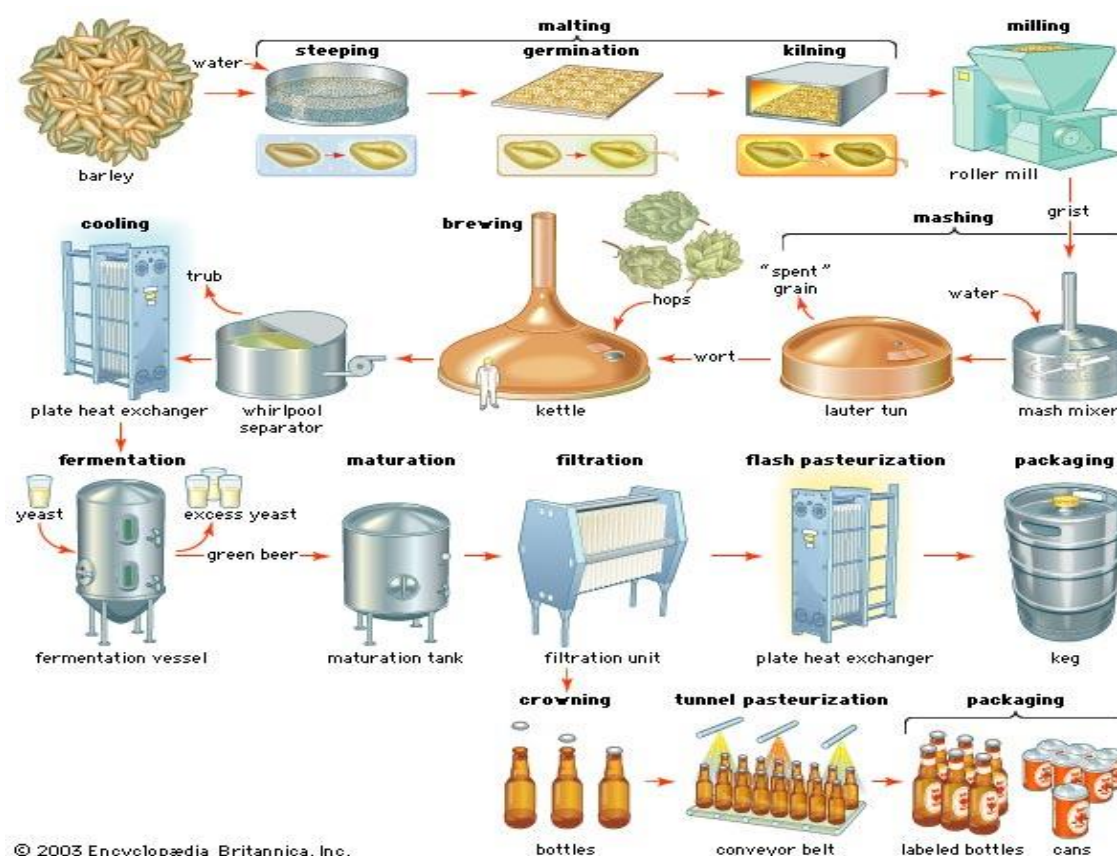


Figura 2.1 – Processo industrial de fabrico de cerveja (fonte: <http://lonetreebrewery.com/page4/files/brewing-diagram.jpg>)

A Figura 2.1 representa esquematicamente o processo de produção da cerveja e as suas operações unitárias. Essas operações ou sub-processos são geralmente agrupadas nos seguintes processos principais:

- Maltagem;
- Brassagem;
- Fermentação;
- Maturação e guarda;
- Filtração;
- Enchimento;

Para além destes processos principais, uma indústria cervejeira é constituída por alguns outros processos auxiliares, dos quais se destacam as CIP's ("Cleaning-in-place"), sistemas automáticos de limpeza de equipamentos de processo, tubagens, tanques, e outros, que realizam operações sequenciais: enxaguamento, lavagem alcalina (solução de soda), enxaguamento, lavagem ácida e desinfecção por hipoclorito de sódio, Produção de Vapor, Refrigeração, Tratamentos de Água, Estação de tratamento de Águas Residuais (ETAR), Recuperação de CO₂ da Fermentação e a Sala de Propagação de Leveduras.

2.1 Maltagem

A maltagem é a etapa de produção de malte através do processamento da cevada. Este processo divide-se em 3 sub-processos: molha, germinação e secagem.

Durante a molha, a cevada é submersa em tinas de molha com o objectivo de aumentar o seu teor de humidade, subindo de 12% para cerca de 40% (razão m/m). Ao se atingir esta humidade, a cevada é enviada, com o auxílio de água, para as caixas de germinação onde irá permanecer durante 5 dias, sendo que neste processo existe ainda um incremento de 5% de humidade. Findo esta segunda fase, a cevada germinada é encaminhada para estufas a fim de ser seca e se transformar em malte. A humidade é reduzida de 45% para 4 ou 5%, perdendo-se água por evaporação para a atmosfera. (Ribeiro, 2005) (Tavares, *et al*, 2008).

2.2 Brassagem

Esta etapa consiste no cozinhar do malte para preparar o mosto. Após moagem do malte, este é colocado numa caldeira de empastagem onde é misturado com água, a 65°C.

Paralelamente, numa caldeira de caldas, ocorre a mistura do "grit" (cereais não maltados: milho, trigo ou arroz) com água a 100°C. Após uma hora de fervura, o conteúdo da caldeira de caldas é enviado para a caldeira de empastagem dando origem ao mosto. Este mosto é filtrado e de seguida enviado para a caldeira de fervura, onde é adicionado extracto de lúpulo. Da filtração resultam os resíduos sólidos dos grãos de malte e "grit", que se passam a designar por "dreches" (utilizados na alimentação de gado).

Na caldeira de fervura, o mosto é elevado a 100°C e aí permanece entre 60 a 90 minutos. Após fervura, a presença de partículas sólidas no mosto obriga a um processo de decantação efectuado por um equipamento designado por "Whirlpool". De seguida o mosto é arrefecido em permutadores de calor sendo enviado para os tanques de fermentação (Ribeiro, 2005).

2.3 Fermentação

Após preparação, clarificação e arrefecimento do mosto, inicia-se a etapa fundamental da produção de cerveja – a fermentação.

Esta etapa ocorre em duas fases: uma primeira aeróbia onde ocorre a multiplicação das leveduras e uma segunda, anaeróbia, onde decorre a fermentação por acção das mesmas leveduras

A fermentação decorre entre 6 a 9 dias e como produtos extrai-se o mosto fermentado e o dióxido de carbono que poderá ser engarrafado e usado em processos posteriores (Ribeiro, 2005).

2.4 Maturação

Durante a maturação, a cerveja mantém-se num período de 5 a 15 dias em repouso a uma temperatura próxima de 0°C.

A maturação tem por objectivo inibir os microrganismos e outras substâncias indesejáveis na cerveja, para além de estabilizar a cerveja quanto ao paladar e saturação em dióxido de carbono (Ribeiro, 2005). Após a Maturação a cerveja segue para a Filtração de onde poderá seguir para um armazenamento intermédio antes de passar para o processo de Enchimento.

O transporte da cerveja entre as diferentes estruturas de cada processo (Brassagem > Fermentação > Maturação > Filtração > Enchimento) é feito, geralmente, com o auxílio de água por meio de tubagens.

2.5 Filtração

A filtração surge como processo antecessor ao enchimento. O objectivo é remover impurezas e conferir a limpidez final do produto.

Esta etapa é efectuada com o auxílio de um meio filtrante, sendo o mais usual o uso de terra diatomácea ("Kieselguhr"). Poderá existir uma etapa subsequente de filtração com filtro de cartucho.

Durante esta etapa poderá ocorrer ainda uma diluição do produto assim como a adição de agentes estabilizantes, corante e outros aromatizantes (p.ex. o limoneno) conforme o produto final pretendido.

Após a filtração a cerveja é carbonatada através da injeção de dióxido de carbono recolhido na fermentação e encaminhada para os tanques de cerveja filtrada (Ribeiro, 2005).

2.6 Enchimento

Finalizando todo o processo de fabrico, a cerveja é encaminhada para o enchimento. A cerveja poderá ser encaminhada para o enchimento de garrafas como também de barris ou latas.

Durante esta etapa a cerveja necessita de ser pasteurizada, podendo ser antes ou após o processo de enchimento. Antes do enchimento a cerveja passa por pasteurizadores flash sendo posteriormente enviada para as enchedoras. Se a cerveja for anteriormente engarrafada e capsulada, o processo de pasteurização faz-se através de pasteurizadores de túnel (Ribeiro, 2005).

Findo este processo a cerveja encontra-se pronta para ser comercializada.

2.7 Produção de Refrigerantes

A produção de refrigerantes resume-se a quatro processos principais:

- Preparação do xarope
- Obtenção de xarope composto
- Diluição
- Enchimento

A preparação do xarope dá-se com a cozedura do açúcar à temperatura de 85-100°C até se formar uma calda. Posteriormente dá-se uma clarificação dessa mesma calda similar à filtração da cerveja (com “Kieselguhr”) sendo seguidamente arrefecida por permutadores de calor, dando-se início à fase seguinte. Esta consiste na adição de compostos que irão conferir as propriedades químicas adequadas à conservação, para além de aferir cor, sabor e odor (ex: adição de sumos de fruta, estabilizantes, conservantes, etc.) (Ribeiro, 2005).

Os processos de Diluição e Enchimento são em tudo semelhantes aos apresentados para a produção de cerveja.

3 O Uso Eficiente da Água na Indústria

A água é um recurso escasso. É estimado que no nosso planeta existam cerca de 1,4 bilhões de km^3 de água, dos quais apenas 35 milhões de km^3 representam água potável e destes apenas 200 mil km^3 são passíveis de ser utilizados para consumo humano e pelos ecossistemas naturais (Gleick, 2000). Na Figura 3.1 estão apresentados esquematicamente os recursos hídricos no nosso planeta.

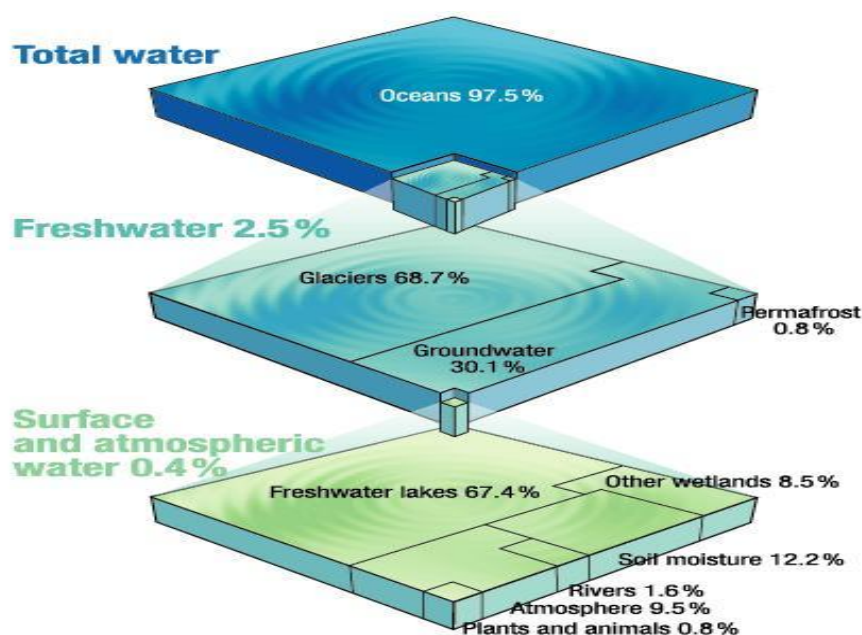


Figura 3.1 – Distribuição global dos recursos de água (fonte: <http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1201542004178&lang=eng>)

Dos recursos disponíveis, apenas uma parte é captada, e desta, apenas uma parte é consumida. Da Figura 3.2 constatamos um aumento crescente, não só ao nível do consumo como da captação de água. De um volume de 3790 km^3 de água captada em 1995 (do qual 61% foi consumida) passou para um volume total de 4430 km^3 em 2000 (do qual 52% foi consumida) (Shiklomanov, 1999). Para além disto, é estimado que o volume de água captada anualmente aumente entre 10 a 12% em cada 10 anos, alcançando um volume de 5240 km^3 em 2025, enquanto o consumo sofrerá um aumento ligeiramente inferior (UNESCO, 1999). Os consumos de água são normalmente divididos em três tipos: agrícola, industrial e doméstico. Na Figura 3.3 é apresentada a evolução da captação e consumo por cada um destes tipos de uso.

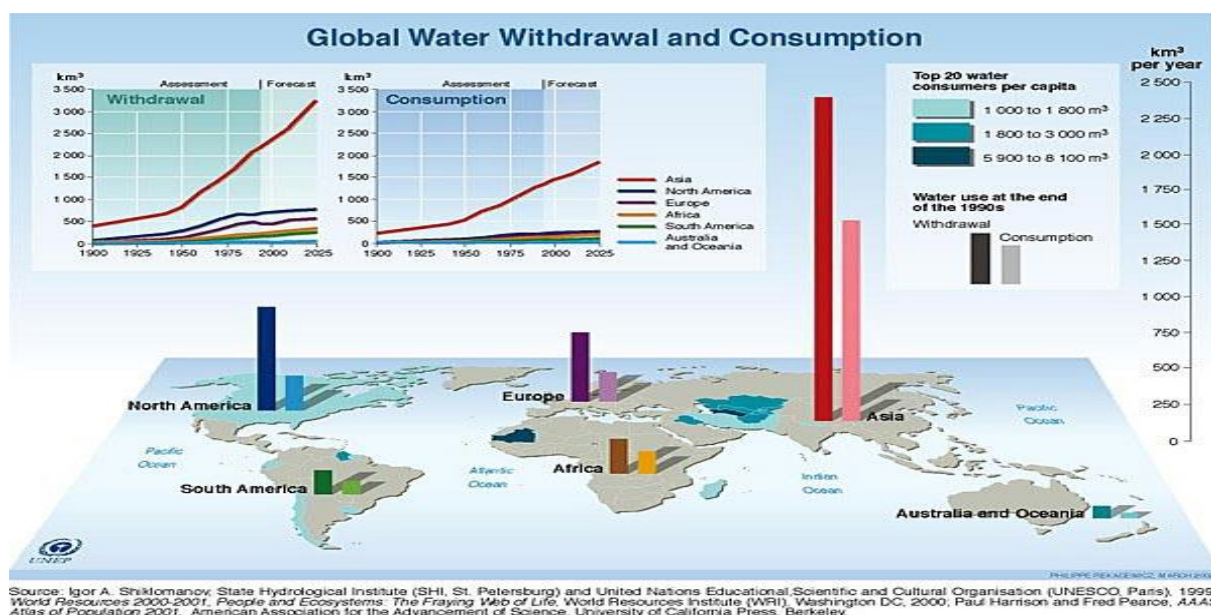


Figura 3.2 – Captação global de água e o seu consumo (fonte: <http://www.unep.org/dewa/assessments/ecosystems/water/vitalwater/14.htm>)

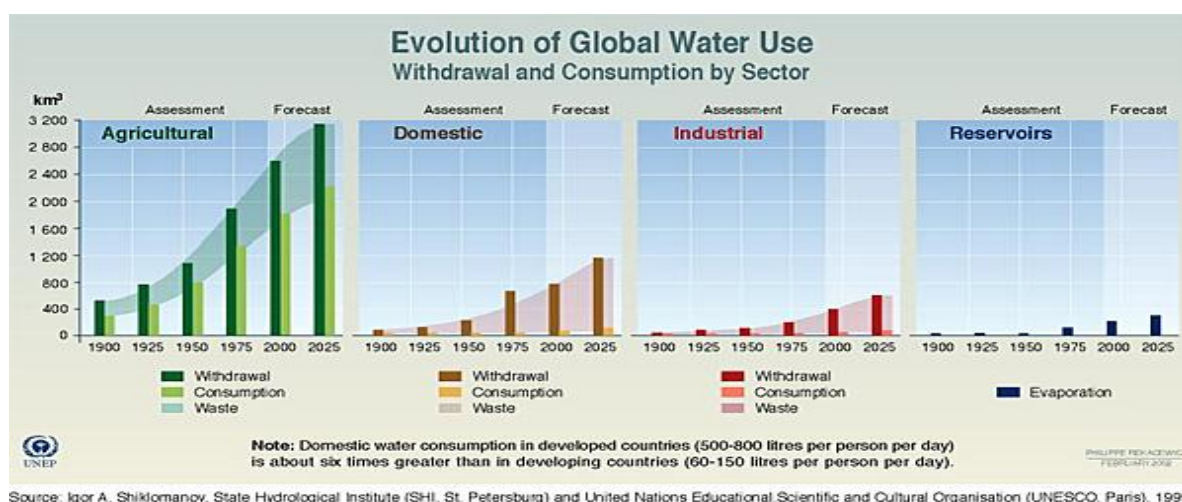


Figura 3.3 – Evolução do uso global de água: captação e consumo por sector (fonte: <http://www.unep.org/dewa/assessments/ecosystems/water/vitalwater/15.htm>)

Atendendo aos factos de que a água passível de ser utilizada não está, devido ao seu ciclo, toda disponível ao mesmo tempo, que a sua distribuição pelo mundo não é equitativa, que as suas necessidades estimadas e a população mundial são crescentes, torna-se evidente a tensão crescente sobre a utilização deste recurso. As previsões actuais prevêm, de facto, que se verifique um aumento no número de habitantes sujeitos a condições de escassez de água para 2,3 biliões de pessoas em 2025, cerca de 41% da população mundial (Revenge, 2000). O uso da água na indústria, apesar de representar um peso relativamente reduzido em termos percentuais do total de água captada, cerca de 10% (UNESCO, 2009), apresenta uma elevada pressão sobre os recursos hídricos através dos impactos das descargas das águas residuais e do seu potencial de poluição.

A consciencialização destes factos e da necessidade de os reverter deu origem ao conceito de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, definido (Brundtland, 1987) como “desenvolvimento económico, social e ambiental que satisfaça as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras satisfazerem as suas”. Este conceito surge da necessidade de alteração das actividades humanas, especialmente agrícolas e industriais, e da forma como exploram os recursos naturais, perante esta situação de escassez (tanto de água como dos recursos naturais em geral), no sentido de uma maior harmonia com os ciclos dos materiais na biosfera. Ao longo dos anos, vários esforços foram feitos no sentido de transpor esta filosofia para a prática no sector industrial dos quais é exemplo a criação do Conselho de Negócios Mundial para o Desenvolvimento Sustentável. Um grupo de trabalho deste conselho considerou em 1995 alguns elementos fundamentais para a implementação desta filosofia nas tecnologias industriais (Lens, Pol, Wilderer, & Asano, 2002):

- Redução da quantidade de matérias-primas utilizadas;
- Aumento da eficiência energética;
- Eliminar o impacto ambiental negativo dos processos e dos produtos;
- Fechar o ciclo dos materiais, mas não a todo o custo;
- Adaptação aos ciclos naturais, especialmente quando estão em causa recursos renováveis e reciclagem;
- Aumentar a durabilidade e a vida útil dos produtos.

Product	Water use ^a
Paper	80-2,000
Sugar	3-400
Steel	2-350
Petrol	0.1-40
Soap	1-35
Beer	8-25

Figura 3.4 – Uso da água por tonelada de produto acabado, para algumas indústrias, em m³/t (a – quantidade varia com o processo utilizado) (fonte: (UNESCO, 2009))

A especificação desta filosofia ao uso da água ganhou forma na apresentação da Declaração Corporativa do Uso Sustentável da Água, no 2º Fórum Mundial da Água, por parte de empresas multinacionais como por exemplo a Heineken, suportadas pela visão da sustentabilidade como uma pré-condição para a continuidade das mesmas (World Water Forum, 2000). Esta visão é justificada por quatro benefícios para as empresas, associados ao conceito de sustentabilidade (Lens, Pol, Wilderer, & Asano, 2002):

- Redução de custos;
- Boa reputação perante os seus clientes e consumidores;
- Motivação dos seus empregados, identificados com a política da empresa;

- Responsabilidade reconhecida pela sociedade pela prevenção de danos que a mesma exige;

A implementação de uma política de sustentabilidade no uso da água na indústria baseia-se não só no idealismo, ética e moral do conceito, mas também na integração do uso da água e da sua qualidade num contexto económico. Assim, a quantificação de custos associados à tomada de água, ao seu tratamento para afinação da sua qualidade para utilização como matéria-prima, ao seu acondicionamento, ao tratamento das águas residuais e à sua deposição no meio receptor natural são fundamentais para dinamizar essa implementação prática.

Intrinsecamente associados ao uso sustentável da água estão outros conceitos como a conservação da água, o uso eficiente da água ou a gestão da água. A conservação da água significa “limitar ou modificar o seu uso pela humanidade, de forma a que não cause flutuações na sua qualidade ou quantidade em nenhum dos seus ciclos para além daquelas causadas por eventos naturais” (Imberger, 1997). O uso eficiente da água implica igualmente a modificação do seu uso de forma a que seja possível utilizar menor quantidade e/ou qualidade de água para se obter os mesmos produtos (em quantidade e qualidade). A gestão da água está relacionada com a investigação das suas fontes ou origens, a sua alocação e custos associados, a protecção das suas fontes e implementação de medidas minimizadores e de remediação quando a sua protecção não tenha sido possível (Sturman, Ho, & Mathew, 2004). Como denominador comum a estes quatro conceitos está a redução do consumo de água. No contexto industrial, vários tipos de medidas ou ferramentas conceptuais podem ser adoptados nesse sentido:

- Substituição das fontes de água – a utilização de água de qualidade superior à requerida por certos processos poderá permitir a utilização de outras fontes de água alternativas como águas pluviais, captações subterrâneas, água do mar ou águas residuais de outras indústrias geograficamente próximas (Sturman, Ho, & Mathew, 2004);
- Medição – embora a medição de fluxos de água, por si só, não reduza o consumo de água, é essencial para o “benchmarking” das melhores práticas, para a determinação e avaliação do potencial de implementação de outras ferramentas ou medidas de redução do consumo de água e para a detecção de eventuais perdas nos circuitos de distribuição de água das indústrias;
- Reciclagem e Reutilização de água – utilização, com ou sem tratamento intermédio, de água residual de um processo noutro ou no mesmo processo. Pode implicar a integração de outras ferramentas como a separação de fluxos de efluentes ou a hierarquização dos fluxos de água para uma utilização em cascata;
- Separação de fluxos de efluentes – poderá permitir que um fluxo com determinada qualidade possa ser reutilizado ou reciclado pela segregação de um outro fluxo mais pequeno que o contamine;
- Eficiência de processos – medida associada à especificidade de cada processo envolvido no consumo de água;

- Alteração de práticas – formação e sensibilização dos trabalhadores para utilização sustentável e eficiente do uso da água (p.ex. utilização de água da qualidade adequada para o fim necessário quando existem disponíveis mais do que uma qualidade de água);
- Novas tecnologias/processos – desde a mais simples (introdução de bicos controladores de pressão ou de fluxo em mangueiras) à mais complexa (tecnologias avançadas de tratamento de água ou de operação de em determinados processos). Poderá requerer uma avaliação dos custos quando o seu volume de investimento for elevado;
- Automatização de processos – elimina a constante manipulação humana das definições dos processos e os erros naturais associados (p.ex. CIP). Os elevados custos de investimento associados requerem uma avaliação de custos;
- Descarga zero – ferramenta conceptual, que deverá ser tida em conta a longo prazo como último passo para o uso sustentável da água;
- Hierarquização dos fluxos de água – permite análise, em primeira instância, dos fluxos de águas residuais resultantes de operações que utilizem água de elevada qualidade para a sua reutilização em operações que requeiram água de qualidade mais reduzida, potenciando utilizações em cascata;

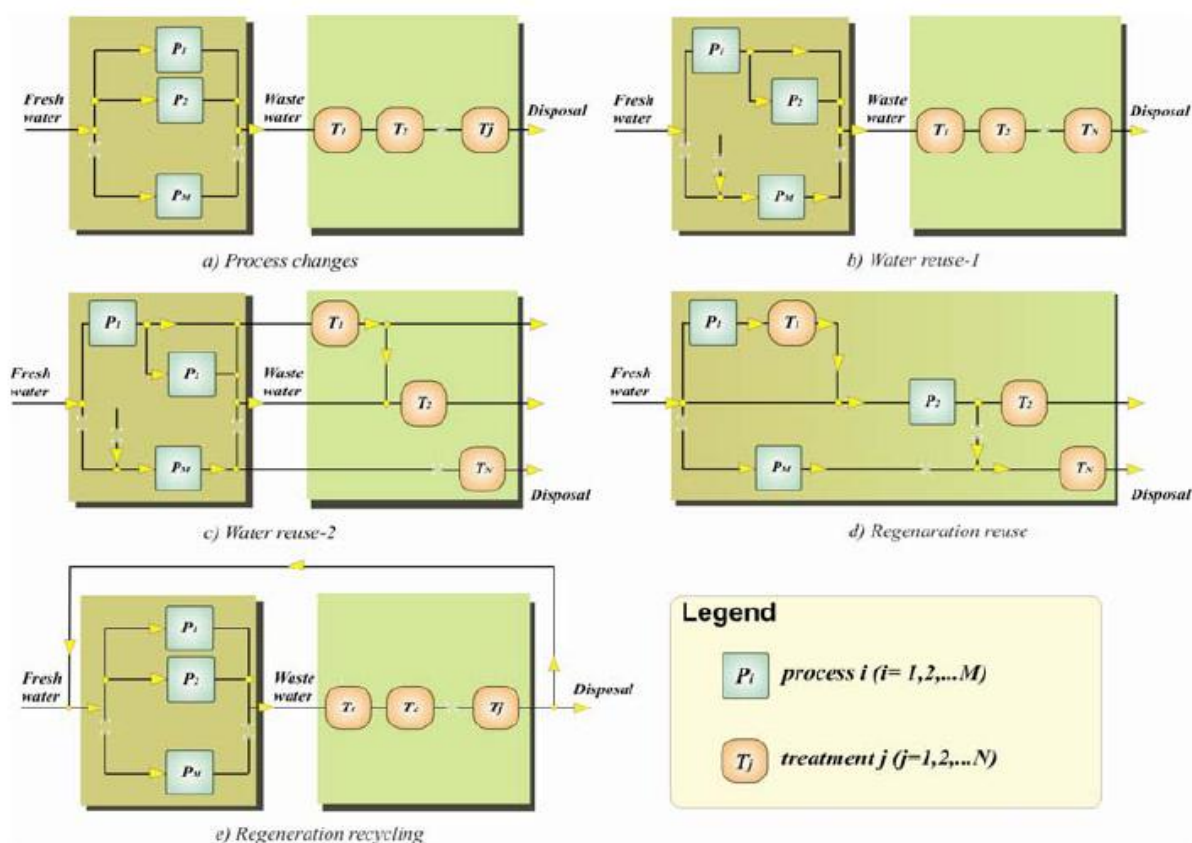


Figura 3.5 - Modelos conceptuais para a minimização do uso da água na indústria: a) Alteração de processos; b) e c) Reutilização de água; d) e e) Reciclagem de água (fonte: (Raskovic, 2007))

A implementação de medidas para a redução do consumo e consequente uso mais sustentável da água, implica, por um lado uma abordagem metodológica ao uso sustentável e à

gestão do uso da água na unidade industrial para a identificação de potenciais oportunidades de aplicação e por outro, uma estratégia de gestão do uso da água que defina prioridades de implementação e o seu enquadramento no contexto global da unidade industrial.

Em termos de abordagem metodológica, várias são as propostas apresentadas por diversos autores, das quais se destacam:

- Abordagem convencional (Mann & Liu, 1999);
- Auditoria do uso da água (Sturman, Ho, & Mathew, 2004);
- Integração de processos e tecnologia de “water pinch” (Mann & Liu, 1999) (Lens, Pol, Wilderer, & Asano, 2002) ;
- Parâmetro K (Lens, Pol, Wilderer, & Asano, 2002);
- Optimização matemática (Mann & Liu, 1999);

A abordagem metodológica convencional é constituída por quatro passos principais: definição do âmbito e fronteiras do projecto, identificação das origens e destinos da água, identificação e avaliação dos factores limitantes do uso da água e elaboração do desenho e avaliação económica para a rede de uso da água. Esta metodologia recorre fundamentalmente reutilização da água em cascata e redução das necessidades de água pela modificação de processos.

A tecnologia “water pinch” tem a sua origem no final dos anos 70, e foi desenvolvida para a optimização de redes de permuta de calor, tendo sido mais tarde adaptada para aplicação em sistemas de uso de água (Lens, Pol, Wilderer, & Asano, 2002). Actualmente a tecnologia “pinch” é aplicada no uso eficiente de água, energia e hidrogénio (CANMET, 2003) e o seu estado-da-arte inclui desenvolvimentos na optimização da diminuição de pressão, perfis de colunas de destilação, desenho de processos a baixa temperatura, integração total de sistemas entre outros (Linnhoff, 1993). Resumidamente, a tecnologia “water pinch” baseia-se na aplicação de conceitos termodinâmicos e de transferência de massa para a determinação da máxima reutilização de água e mínima produção de águas residuais, desenho de redes de uso da água e de tratamento de águas residuais e pode ser dividida em três áreas distintas (Lens, Pol, Wilderer, & Asano, 2002):

- Análise “water pinch”, onde são identificados os objectivos para o mínimo consumo de água e geração de águas residuais nas operações de uso de água;
- Síntese “water pinch”, que consiste no desenho da rede de uso de água que permite alcançar os objectivos identificados através da reutilização e reciclagem de água;
- Reestruturação “water pinch”, que consiste na modificação da rede de uso de água existente para maximizar a sua reutilização e a minimização da geração de águas residuais através da alteração efectiva de processos.

Esta metodologia é já amplamente utilizada na indústria, obtendo reduções no consumo de água entre 10% a 60%, consoante o tipo de indústria. Na Figura 3.6 são apresentados os potenciais de redução no consumo de água (e energia) por sector industrial. Esta metodologia não substitui a abordagem metodológica convencional, podendo ser integrada na fase de concepção e avaliação económica da rede de uso da água da abordagem convencional.

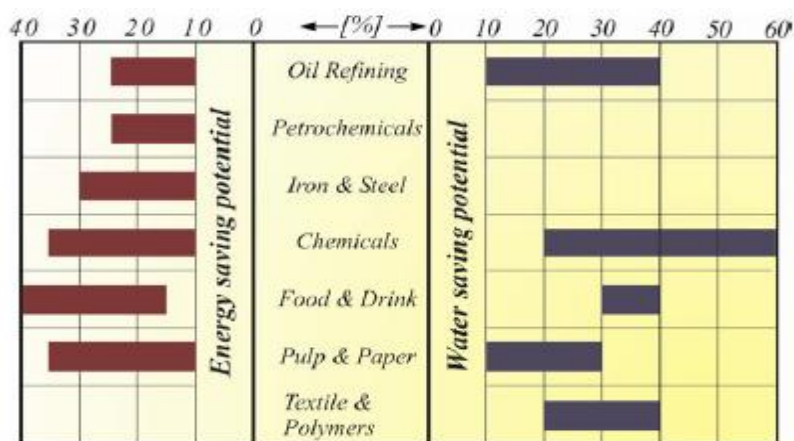


Figura 3.6 – Potencial de redução de consumo de energia e água na indústria através da Tecnologia “pinch”, por sector (*fonte: (Raskovic, 2007)*)

No Capítulo 4 será abordada mais detalhadamente a metodologia da auditoria do uso da água.

3.1 O Uso Eficiente da Água na Indústria Cervejeira

O consumo de água na indústria é bastante heterogéneo. O seu consumo varia de acordo com os processos produtivos envolvidos, com as matérias-primas utilizadas, com a dimensão e com a natureza das respectivas empresas (EIPPCB, 2006). Em Portugal, os principais consumos de água na indústria verificam-se na produção de pasta de papel, papel e cartão (39%), produtos alimentares e bebidas (20%), metalúrgicas de base (11%), produtos químicos (10%) e têxteis (4%) (Moura e Silva, Melo Baptista, Almeida, Vieira, & Ribeiro, 2002). A nível Mundial, e em termos de eficiência medida pelo volume de água pela quantidade de produto acabado, a indústria da pasta do papel apresenta-se como uma das maiores indústrias consumidoras de água (Figura 3.4). Apesar disso, tem sido uma das indústrias que mais avanços, em termos de eficiência do uso da água, têm registado nos últimos anos. O sector industrial dos produtos alimentares e de bebidas no qual se insere a indústria cervejeira apresenta um papel de relevo no consumo de água, sendo em Portugal o segundo maior sector industrial consumidor de água. No Quadro 3.1 são apresentados os consumos das principais indústrias do sector dos produtos alimentares, de bebidas e lacticínios, a nível mundial.

A cerveja é a quinta bebida mais consumida no mundo, precedida pelo chá, bebidas gaseificadas, leite e café e apresenta um consumo médio anual de 23 litros por pessoa. O seu sector de actividade é marcado por uma grande heterogeneidade na capacidade de produção, sendo que as dez maiores empresas produtoras representam uma cota de mercado de 50% (Fillaudeau, Blainpain-Avet, & Daufin, 2006) (Quadro 3.2).

Quadro 3.1 – Tabela sumária do consumo de água e volume de águas residuais no sector FDM (*fonte:* (EIPPCB, 2006)).

Sector	Water consumption	Waste water volume	Unit	Source
Meat and poultry	2 – 20 m ³ /t	10 – 25 m ³ /t	**	[41, Nordic Council of Ministers, 2001, 89, Italian contribution, 2001]
Fish				
Herring filleting	3.3 – 10 m ³ /t	2 – 40 m ³ /t	**	[27, ATV, 2000, 28, Nordic Council of Ministers, 1997]
Mackerel	20 – 32 m ³ /t			
White fish	4.8 – 9.8 m ³ /t			
Shrimp processing	23 – 32 m ³ /t			
Fruit and vegetable ¹				
Canned fruit	2.5 – 4.0 m ³ /t	11 – 23 m ³ /t	*	[5, Derden A Vercaemst P and Dijkmans R, 1999, 74, Greek Ministry for the Environment, 2001, 134, AWARENET, 2002, 140, World Bank (IBRD), et al., 1998]
Fruit juices	6.5 m ³ /t			
Canned vegetables	3.5 – 6.0 m ³ /t			
Frozen vegetables	5.0 – 8.5 m ³ /t			
Deep frozen vegetables	2.5 – 5.0 m ³ /t			
Preserved vegetables	5.9 – 11 m ³ /t			
Potato	2.4 – 9.0 m ³ /t			
Jams	6 m ³ /t			
Baby food	6.0 – 9.0 m ³ /t			
Starch				
Maize	1.7 – 3 m ³ /t	1.4 m ³ /t	**	[115, CIAA-AAC-UFE, 2002, 152, Austria, 2002]
Wheat	1.7 – 2.5 m ³ /t	1.8 m ³ /t		
Potato	0.7 – 1.5 m ³ /t	2 m ³ /t		
Dairy ²		1 – 5 l/kg		[152, Austria, 2002]
Milk and yoghurt	0.6 – 4.1 l/l		**	[42, Nordic Council of Ministers, et al., 2001]
Cheese	1.2 – 3.8 l/l			
Milk powder, cheese and/or liquid products	0.69 – 6.3 l/l			
Milk and yoghurt	0.8 – 25 m ³ /t	0.9 – 25 m ³ /t		
Cheese	1 – 60 m ³ /t	0.7 – 60 m ³ /t		[160, European Dairy Association, 2002]
Milk powder, cheese and/or liquid products	1.2 – 60 m ³ /t	0.4 – 60 m ³ /t		
Beer	0.32 – 1 m ³ /hl	0.24 – 0.9 m ³ /hl	*	[69, Environment Agency of England and Wales, 2001, 199, Finland, 2003]
Sugar beet	0.23 ³ – 1.5 m ³ /t		**	[139, Nielsen E.H. Lehmann, 2002, 152, Austria, 2002]

Quadro 3.2 – Produção de cerveja e os 15 maiores grupos cervejeiros do Mundo em 2008 (*fonte:* (Barth-Haas Group, 2009))

Zona	Produção (10 ⁶ hl)	Os 15 maiores grupos cervejeiros do Mundo	Produção (10 ⁶ hl)	% do total de produção mundial
América		Anhuser-Busch InBev ¹⁾ (BEL)	388,1	21,4
EUA	231,772	SABMiller ²⁾ (R.U.)	174,4	9,6
Brazil	106,300 *	Heineken (NL)	161,5	8,9
México	82,343	Carlsberg (DK)	109,3	6,0
Europa		China Resource Brewery Ltd. (China)	73,0	4,0
Rússia	114,000	Tsingtao Brewery Group (China)	54,3	3,0
Alemanha	102,860	Grupo Modelo (MEX)	51,5	2,8
Reino Unido	49,469	Molson-Coors (EUA/CND)	51,1	2,8
Ásia		Yanjing (China)	42,2	2,3
China	410,301	Femsa (MEX)	41,1	2,3
Japão	61,111	Asahi (J)	23,1	1,3
Tailândia	20,725	Kirin (J)	22,7	1,3
África		Efes Group (TR)	22,6	1,2
África do Sul	25,900	BGI / Groupe Castel (F)	19,8	1,1
Oceania		Polar (VEN)	19,0	1,0
Austrália	17,080			
Mundo	1815,616			

* - Estimativa

1) - Sem "Modelo"

2) - Sem "China Resource Brewery Ltd."

Ao nível do uso eficiente da água na indústria cervejeira, são inúmeras as oportunidades de melhoria detectadas. As principais são apresentadas nos BREF's FDM, e englobam medidas específicas para determinadas operações ou processos transversais à maioria das indústrias bem como medidas específicas para o sector.

Analisando o Quadro 3.1 e o Quadro 3.3, verifica-se uma considerável amplitude entre os valores mínimos e máximos de consumo de água na indústria cervejeira e nos seus processos, o que sugere um potencial na redução dos consumos máximos através da implementação de medidas

adequadas. As reduções no consumo de água implicarão igualmente uma redução nos efluentes gerados e nos custos associados ao seu tratamento e deposição.

Apesar da fonte relativamente recente, os dados apresentados no Quadro 3.3 encontram-se desactualizados (referentes a 1990/2), sendo que actualmente a média de consumo total do processo se encontra entre os 0,3 e os 0,7 m³/hl.

Quadro 3.3 - Consumo de água para diferentes processos de produção de cerveja (*fonte*: (EIPPCB, 2006))

Department	Specific water consumption (m ³ /hl beer produced)			
	Measured**		Literature	
	from	to	from	to
Brewhouse	0.130	0.236	0.174	0.26
Cold storage			0.11	0.24
Fermentation cellar	0.032	0.053	0.04	0.08
Storage cellar	0.024	0.067	0.01	0.06
Filtering cellar	0.031	0.109	0.01	0.076
Bottling cellar	0.059	0.163	0.09	0.098
Cask cellar	0.013	0.061	0.01	0.12
Miscellaneous*	0.20	0.204	0.026	0.397
TOTAL PROCESS	0.489	0.893	0.470	1.331
*Estimates				
**Measurements by Heidemann, Rosenwinkel and Seyfried (1990 to 1992) or brewery figures				

Alguns exemplos concretos permitem ilustrar o potencial de redução de consumo de água na indústria cervejeira. Após análise e caracterização da situação actual de consumo de água de uma cervejeira na China (Feng, Huang, Zhang, & Liu, 2009), a aplicação da tecnologia de “water pinch” permitiu uma redução de 8% no consumo de água e de 13% na geração de efluentes através de reutilizações de água da terceira molha do malte para a segunda molha e da água de um pasteurizador para a primeira molha do malte e para a remoção de poeiras da caldeira da secção de produção de energia e vapor. Uma unidade industrial de produção de cerveja no Reino Unido, com o objectivo de avaliar a efectividade e a conformidade com as especificações do funcionamento das suas CIP's para a limpeza de tubagens e de tanques, instalou um sistema de automático de gestão de informação. Este permitiu, através do registo de todas as limpezas automáticas, uma análise detalhada e alteração da programação da CIP, resultando numa redução de 37% no consumo global de água e com um período de retorno do investimento de nove semanas (British Beer & Pub Association, 2006). Numa cervejeira em Manchester, a implementação de 16 novos medidores de fluxo de água automáticos em locais apropriados, após um estudo atento do circuito de distribuição de água no campo, permitiram identificar um uso de água inadequado em tarefas de lavagem nessa semana. A aplicação de medidas correctivas imediatas permitiu reduzir o consumo em 300 m³ por semana, o que totalizou uma poupança de 18000 libras por ano (Plant and Control Engineering, 2000). A mesma cervejeira, com a extensão destas medidas conseguiu alcançar, no total, uma redução de 40% do consumo de água (equivalente a 73000 m³ por ano), com um período de retorno do investimento de três meses (Martin, 2005). Um estudo numa cervejeira belga demonstrou, através de uma abordagem metodológica de balanço da água, a aplicação de tecnologia “water pinch” e a

integração dos efluentes remanescentes num processo global com objectivo de alcançar a “descarga zero” por via de implementação de tecnologias de tratamento biológico e de separação por membranas, reduções muito significativas no consumo da água embora a “descarga zero” não tenha sido possível de alcançar (Bruggen & Braeken, 2006). Uma ferramenta auxiliar, que poderá contribuir directamente para uma estratégia de gestão do uso eficiente da água e indirectamente contribuir para uma maximização do uso eficiente da água, é a modelação do consumo de água em função de uma fracção constante e uma fracção proporcional ao volume de cerveja engarrafada. A aplicação de um modelo simples, utilizando uma equação do tipo $y = mx + c$ (ou uma regressão linear múltipla do tipo $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$, onde x_n representa outras variáveis em jogo), a uma cervejeira do grupo “South African Breweries” permitiu constatar a tendência do aumento da eficiência do uso da água com o aumento de produção de cerveja, levando assim ao decréscimo da razão entre o volume de água consumido e o volume de cerveja produzido. Este tipo de modelação, relativamente simples é útil na orçamentação de propostas, comparação entre os consumos actuais e os esperados e a monitorização do desempenho à medida que são implementadas alterações nos processos (Perry & De Villiers, 2003).

4 Legislação e Normas Aplicáveis

As primeiras normas conhecidas na história da Humanidade reguladoras do uso da água remontam à civilização romana (Thomas, 1998) e são focadas principalmente em questões de saúde pública (Sturman, Ho, & Mathew, 2004). Ao longo do tempo, devido à evolução sócio-cultural do Homem e da sua forma de relacionamento com o meio ambiente e com os recursos naturais, novas imposições legislativas ambientais foram sendo necessárias, com motivações muito para além da saúde pública e do bem-estar imediato das populações. A industrialização e o crescimento da população aumentaram significativamente a tensão sobre a utilização dos recursos naturais, em especial da água, levantando questões como a sobre-exploração ou a degradação dos recursos hídricos pela deposição das águas residuais resultantes da actividade humana. A essencialidade da água para a vida exige assim medidas reguladoras do seu, como bem comum a todos os seres Humanos.

Neste capítulo pretende-se abordar sinteticamente a legislação nacional e comunitária (transposta para a legislação nacional) afecta ao uso da água, especialmente ao seu uso industrial. Algumas normas (não mandatárias) serão também afluídas pela sua potencial contribuição para um uso sustentável da água.

Da legislação actualmente em vigor no nosso país, relativamente ao uso da água, destaca-se a seguinte:

- Lei n.º 58/2005 – Lei da Água. “A lei da Água transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho (Directiva-Quadro da Água), de 23 de Outubro, e estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas” (ARP, 2005);
- Decreto-Lei n.º 194/2000 - relativo à Prevenção e Controlo Integrado da Poluição (Diploma PCIP), transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 96/61/CE, do Conselho, de 24 de Setembro (ARP, 2000);
- Decreto-Lei n.º 173/2008 – de 26 de Agosto, novo Diploma PCIP visa a actualização do DL n.º 194/2000 “por forma a adequar e tornar mais célere o procedimento de licença ambiental nele previsto, harmonizando-o com outros regimes jurídicos que prevêm, igualmente, procedimentos de licenciamento ou autorização de instalações, designadamente o regime de exercício da actividade industrial (REAI) e o regime de exercício da actividade pecuária (REAP), num esforço de simplificação legislativa e administrativa com vista à obtenção de ganhos de eficiência” (ARP, 2008);
- Resolução de Conselho de Ministros n.º 113/2005 – de 30 de Junho, aprova o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), estudo elaborado pelo LNEC, apoiado pelo ISA e promovido pelo INAG do MAOT (ARP, 2005);
- Decreto-Lei n.º 226-A/2007 - de 31 de Maio, visa a complementação da Lei da Água aprovando novo regime de utilizações dos recursos hídricos e atribuição de títulos exploratórios e a criação do Sistema Nacional de Informação dos Títulos de Utilização dos Recursos Hídricos, gerido pelo Instituto da Água (ARP, 2007);

- Despacho n.º 2339/2007 – de 14 de Fevereiro, aprova o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007 – 2013 (PEAASAR II) (ARP, 2007);
- Decreto-Lei n.º 209/2008 - de 29 de Outubro, aprova o novo Regime de Exercício da Actividade Industrial (REAI), revogando o DL n.º 69/2003, de 10 de Abril, o DL n.º 183/2007, de 9 de Maio, e os restantes diplomas regulamentares (ARP, 2008);
- Decreto-Lei n.º 306/2007 - de 27 de Agosto, estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano, procedendo à revisão do Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de Setembro, que transpõe para o ordenamento jurídico interno a Directiva n.º 98/83/CE, do Conselho, de 3 de Novembro, tendo por objectivo proteger a saúde humana dos efeitos nocivos resultantes da eventual contaminação dessa água e assegurar a disponibilização tendencialmente universal de água salubre, limpa e desejavelmente equilibrada na sua composição (ARP, 2007);

No contexto deste trabalho, o DL n.º 194/2000 (Diploma PCIP) será uma das normas legislativas mais relevantes. Este diploma institui a sujeição das empresas a Licenciamento Ambiental (art.1 n.º2) e sugere a aplicação das Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) nas mesmas (art. 9 e 10). Nesse sentido, foi criada a Comissão Consultiva para a PCIP que acompanha a aplicação das MTD por sector (art.7). Cabe a esta comissão organizar o intercâmbio de informações entre Estados Membros e Industrias acerca das MTD e medidas de monitorização associadas. Esta informação é publicada a cada 3 anos em documentos, divididos por sectores, designados por BREF's (Documentos de Referência das Melhores Técnicas Disponíveis). De acordo com este diploma, define-se MTD como (ARP, 2000):

- Melhores - engloba as técnicas mais eficazes para alcançar um nível elevado de protecção do ambiente globalmente;
- Técnicas - inclui as técnicas utilizadas no processo de produção e o modo como a instalação é projectada, construída, conservada, explorada e desactivada;
- Disponíveis - engloba as técnicas desenvolvidas a uma escala que possibilite a sua aplicação no contexto do sector industrial em causa em condições económica e tecnicamente viáveis, tendo em conta os custos e os benefícios, quer essas técnicas sejam ou não utilizadas ou produzidas a nível nacional ou comunitário, desde que sejam acessíveis ao operador em condições razoáveis;

O objecto de estudo, tal como referido na sua Licença Ambiental (APA, 2008), é abrangido pelo BREF FDM (EIPPCB, 2006), no sentido de implementação de MTD nele estabelecidas.

Como exemplo de normas não mandatárias e com interesse numa perspectiva de estratégia de gestão sustentável destaca-se a série de normas ISO14000. Esta série de normas, amplamente reconhecida e implementada internacionalmente, visa definir uma estrutura de sistema de gestão ambiental aplicável a todos os tipos de empresas, bem como os procedimentos de auditoria necessários à sua verificação e conformidade. À semelhança de outras questões e matérias

transversais à maioria das empresas (como assuntos de marketing, vendas ou de produção) que requerem um sistema de gestão através do qual são tomadas decisões e dirigidas as actividades diariamente com uma abordagem sistemática e planeada, também as questões ambientais o exigem (IISD, 1996). Esta série de normas representa uma útil ferramenta de gestão de questões relacionadas com o ambiente e o desenvolvimento sustentável, ajudando a empresa a implementar ou melhorar um sistema de gestão ambiental (através de vários tipos de auditorias) e assim gerir e definir sistematicamente os seus compromissos. No entanto, estas não definem quais os objectivos a ser cumpridos, estes são definidos pela própria empresa. A implementação de um Sistema de Gestão Ambiental e a sua validação através de Auditorias Ambientais permite a sua certificação e registo por uma entidade certificadora independente. Esta certificação apresenta como vantagens, entre outras, um aumento da credibilidade externa da empresa, uma garantia para os directores e investidores da idoneidade da gestão ambiental da empresa e uma diminuição de custos por via da optimização de processos.

5 Auditoria de Uso da Água

Uma auditoria do uso da água é um conjunto de procedimentos que visa quantificar o uso da água num determinado universo de estudo ou sistema. Esta disponibiliza os meios, de forma racional e científica, para a caracterização e/ou classificação da utilização da água no referido sistema. Os seus resultados, materializados de várias formas em nova informação, apresentam fundamental importância na elaboração de estratégias e esquemas mais precisos e concretos para a conservação, uso eficiente e gestão da água. Estes poderão, ou não, fazer parte integrante da auditoria, conforme o âmbito pré-definido à sua realização. Uma auditoria do uso da água poderá ser aplicada a qualquer sistema ou universo de estudo.

Esta definição, sucinta e generalista, não é universal. Várias são as definições existentes relativamente à auditoria do uso da água bem como os seus procedimentos, estrutura e conteúdos. De uma forma geral identificam-se três grandes grupos alvo de uma auditoria ao uso da água: *sistemas naturais* (p.ex. lagos), *sistemas de distribuição de fornecedores públicos de água e utilizadores finais* (utilizadores domésticos, industriais, comerciais, mineiros ou agrícolas) (Sturman, Ho, & Mathew, 2004). Conforme o sistema em questão e devido às suas especificidades, também a respectiva auditoria do uso da água as terá. Apesar dos pontos comuns entre auditorias do uso da água para cada um destes sistemas apresentados, as suas definições, procedimentos, estrutura e conteúdos não são categóricas. Várias são as propostas, apresentadas pelos mais diversos autores (cientistas, investigadores, entidades privadas, publicas ou não governamentais).

As auditorias do uso da água a sistemas naturais são as menos praticadas nos moldes apresentados. Estas surgem geralmente associadas a estudos mais abrangentes, abordando temáticas como a salinidade do solo, rios e pântanos ou espécies invasoras. Um exemplo é a Auditoria do Uso da Água da Bacia de Komadugu Yobe (FMWR-IUCN-NCF Komadugu Yobe Basin Project, 2006), Nigéria. Resultante de uma parceria entre uma série de entidades públicas, privadas e não-governamentais, esta tinha como principal objectivo geral a geração de uma série de informação de base para um plano de gestão integrada dos recursos hídricos, participativo e proactivo. Debruça-se sobre a gestão da água na bacia, a sua disponibilidade e necessidade/procura para fins domésticos e produtivos. Sendo um estudo de relevância política, factores socioeconómicos e considerações institucionais foram tidos em conta na metodologia utilizada, recorrendo essencialmente a informação secundária de base pré-existente (mapas de solos, dados hidrológicos, etc), a informação de monitorização de recursos, a análise de literatura contemporânea existente sobre o tema e a região e a Sistemas de Informação Geográfica para consolidação espacial da informação obtida, conjugada com pesquisa de campo. A metodologia contemplou ainda, entre outros, a revisão de políticas ambientais, cálculos de balanço hidrológico, análise de escoamento e modelação da relação Precipitação-Escoamento.

Uma auditoria do uso da água a sistemas de distribuição de água está geralmente associada à detecção de fugas. Nesta área, existe já um consolidado trabalho de sistematização de metodologias e procedimentos, do qual é exemplo o da “American Water Works Association” em parceria com a “International Water Association”. Na Figura 5.1 está representada a sua proposta de

procedimentos gerais, passo-a-passo, a serem seguidos antes, durante e depois de uma auditoria deste tipo. Esta é já seguida, aplicada e referenciada por uma série de entidades públicas. Muitos (se não todos) departamentos de Ambiente de Estados Norte-Americanos têm disponíveis nos seus sites informação e instrumentos (desde “checklists” de informação necessária a folhas de cálculo e mais complexos simuladores) para apoio à realização deste tipo de auditoria, com base nas metodologias propostas pela AWWA/IWA. Orientada para as especificidades de um sistema de distribuição de água, tem associada uma série de conceitos e definições que categorizam os tipos de utilizações e permitem efectuar um balanço com o objectivo geral de auxiliar a utilidade a seleccionar e implementar programas para reduzir as perdas no sistema de distribuição (AWWA (American Water Works Association), 1999). Na Quadro 5.1 são apresentadas as componentes do balanço da água e no Quadro 5.2 são apresentadas algumas definições das respectivas componentes. São igualmente apresentados alguns indicadores de performance no Quadro 5.3. Muitos outros indicadores poderão ser utilizados em função dos objectivos e estratégias definidas pelas entidades de distribuição de água, podendo integrar ainda outros vectores de relevo neste tipo de empresa/entidade. Estes são preciosos auxiliares na definição de estratégias e prioridades e possibilitam ainda o benchmarking das melhores práticas (Alegre, 2000).

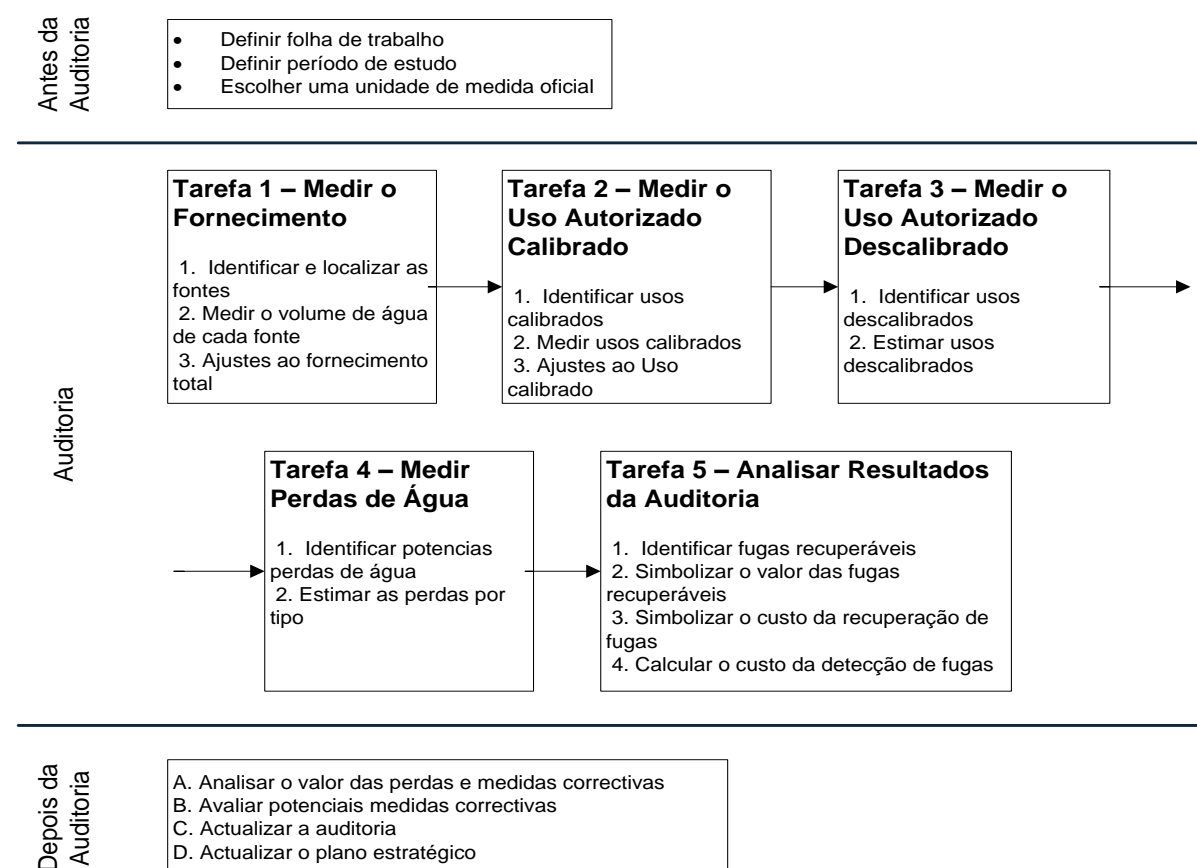


Figura 5.1 – Metodologia, passo-a-passo, de condução de uma auditoria do uso da água (fonte: AWWA, 1999)

Quadro 5.1 - Fórmula de balanço da água proposta pela IWA/AWWA numa auditoria do uso da água a sistemas de distribuição de água (*fonte: http://allianceforwaterefficiency.org/Water_Audit_Process_Introduction.aspx*)

Volume de Entrada no Sistema (corrigido para erros conhecidos)	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Taxado	Consumo Medido Taxado (incluindo água exportada)	Água Taxada
			Consumo Taxado Não Medido	
	Perdas de Água	Consumo Autorizado Não Taxado	Consumo Medido Não Taxado	Água Não Taxada
			Consumo Não Medido Não Taxado	
		Perdas Aparentes	Consumo Não Autorizado	
			Imprecisão nas Medições do Utilizador	
			Erros Sistemáticos de Manuseamento dos Dados	
		Perdas Reais	Fugas nos Meios de Transmissão e Distribuição	
			Fugas e Transbordos nos Tanques de Armazenamento das Utilidades	
			Fugas nas Ligações do Serviço até ao Ponto de Medição do Utilizador	

Quadro 5.2 - Definições das componentes da metodologia de balanço em sistemas de distribuição de água, proposta pela IWA/AWWA (*fonte: <http://www.awwa.org/Resources/WaterLossControl.cfm?ItemNumber=48055&navItemNumber=48162>*)

Componente do Balanço de Água	Definição
Volume de Entrada no Sistema	Volume de entrada anual no sistema de distribuição
Consumo Autorizado	O volume anual de água medido e/ou não medido utilizado por clientes registados, pelo fornecedor de água e outros autorizados para tal
Perdas	A diferença entre o Volume de Entrada no Sistema e o Consumo Autorizado, constituída pela soma das Perdas Aparentes e das Perdas Reais
Perdas Aparentes	Consumo Não Autorizado, todos os tipos de imprecisões de medição e erros sistemáticos de tratamento de dados
Perdas Reais	Volume anual perdido por todos os tipos de fugas, quebras e transbordos nas tubagens, reservatórios e pontos de ligação, até ao ponto de medição no cliente
Água Taxada	Todos os componentes do Volume de Entrada no Sistema que são taxados e produzem receita
Água Não Taxada	Diferença entre o Volume de Entrada no Sistema e o Consumo Taxado Autorizado

Quadro 5.3 - Indicadores de performance para as perdas de água num sistema de distribuição de água (*fonte:* <http://www.awwa.org/Resources/WaterLossControl.cfm?ItemNumber=48055&navItemNumber=48162>)

Indicador de Performance	Função	Comentários
Volume de Água Não Taxada como percentagem do Volume de Entrada no Sistema	Económica - Água não taxada em volume	Pode ser calculada através de um simples balanço; útil como indicador económico geral
Volume de Água Não Taxada como percentagem do custo anual de operação do sistema	Económica - Água não taxada pelo custo	Permite diferentes unidades de custo para componentes da Água Não Taxada
Volume das Perdas Aparentes por pontos de ligação do sistema por dia	Operacional - Perdas Aparentes	Indicador básico mas útil uma vez que o volume de Perdas Aparentes é calculado ou estimado
Perdas Reais como percentagem do volume de entrada no sistema	Ineficiência de uso dos recursos de água	Desadequado para avaliar a eficiência de gestão de sistemas de distribuição
Perda Reais Padronizadas - galões/ponto de ligação/dia quando o sistema está em carga	Operacional - Perdas Reais	Bom indicador de performance operacional para definir objectivos para a redução das perdas reais
Perdas Reais Anuais Inevitáveis (UARL)	$\text{UARL (galões/dia)} = (5.41L_m + 0.15N_c + 7.5L_p) \times P$ onde L_m = comprimento das tubagens de água, milhas N_c = número de ligações do serviço de distribuição L_p = comprimento total da tubagem privada, milhas = $N_c \times$ distância média do limite do sistema até ao contador do cliente P = pressão média no sistema, psi	Valor de referência teórico que representa o limite mínimo técnico de fugas que pode ser alcançado se toda a melhor tecnologia disponível actualmente pudesse ser aplicada com sucesso. Uma variável chave no cálculo do Índice de Fugas da Infra-estrutura (ILI) Não é necessário que os sistemas definam este nível como objectivo a não ser que a água seja excepcionalmente cara, escassa ou ambas
Índice de Fugas da Infra-estrutura (ILI)	Operacional: Perdas Reais	Rácio das Perdas Reais Anuais Actuais (CARL) pelas Perdas Reais Anuais Inevitáveis (UARL); bom para o <i>benchmarking</i> operacional para controlo das perdas reais

Por sua vez, as auditorias de uso da água a utilizadores finais são as que apresentam geralmente maior complexidade, especificidade e, por essa mesma razão, metodologias e procedimentos menos padronizadas. De uma forma geral, o cerne de qualquer auditoria do uso da água a utilizadores finais é a medição da quantidade e qualidade da água de entrada na fronteira do sistema, a avaliação dos processos em que a água é utilizada e novamente a medição da sua quantidade e qualidade à saída (Sturman, Ho, & Mathew, 2004). Assumindo que o sistema está em estado estacionário, é procurado o fecho do balanço da água com um certo nível de tolerância predefinido. Embora a definição desse nível de tolerância seja feita de forma pouco objectiva, o fecho do balanço da água poderá dar-nos uma ideia da exactidão do balanço e da existência de eventuais

consumidores e sumidouros de água não identificados. É geralmente aceite como razoável um resultado inferior a 10% (Sturman, Ho, & Mathew, 2004).

No sentido da convergência para um procedimento e método uniforme que possa servir e adaptar-se às especificidades de cada sistema de estudo, Sturman, Ho e Mathew (2004) exercitam uma comparação entre uma das séries normativas mais reconhecidas e utilizadas internacionalmente na área ambiental, as séries ISO 14000, e a sua visão de uma auditoria do uso da água. Deste exercício, concluem-se algumas diferenças e semelhanças entre os dois conceitos que poderão ajudar numa melhor ilustração e definição da auditoria do uso da água.

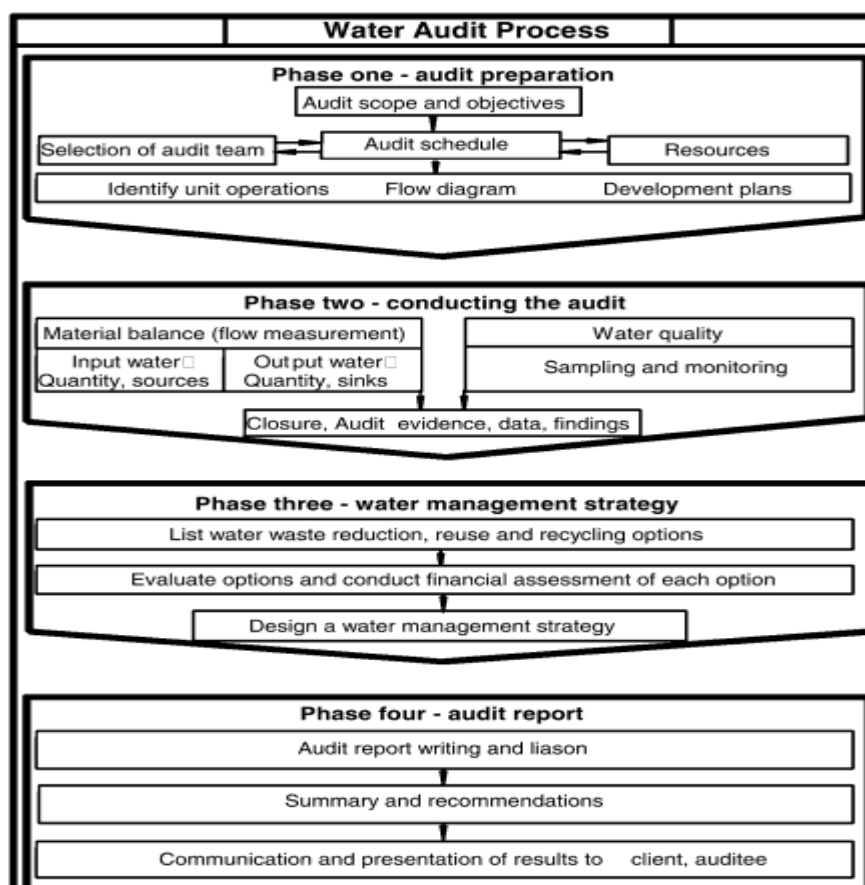


Figura 5.2 – Processo de auditoria do uso da água (*fonte*: Sturman, J., 2004)

De um lado a auditoria ao sistema de gestão ambiental e o respectivo sistema de gestão ambiental, do outro a auditoria do uso da água e a estratégia de gestão da água. Segundo a série normativa, uma auditoria investiga se o auditado cumpre os critérios pré-estabelecidos, se há desvios, se está em conformidade ou não com esses critérios pré-estabelecidos, que podem ser de âmbito legislativo ou padrões internos ou externos à entidade/empresa. Uma auditoria do uso da água, por seu lado, procura oportunidades de melhoria nas estratégias de conservação, reciclagem e reutilização da água, na qualidade dos efluentes descarregados e na performance económica da entidade/empresa alvo (Sturman, Ho, & Mathew, 2004). Por exemplo, se no contexto de um Sistema de Gestão Ambiental, de acordo com as normas internacionais da série ISO14000, a auditoria do uso da água poderá ser considerada como uma subárea desta última, fazendo parte integrante da fase de

“Medição e Avaliação” de um Sistema de Gestão Ambiental, no sentido da melhoria contínua da performance ambiental de uma entidade, por outro lado a auditoria da água poderá extravasar o âmbito da auditoria ambiental na medida em que, à luz de factos científicos e objectivos, poderá contribuir para implementação de melhorias na estratégia de gestão da água e dos critérios pré-estabelecidos aos quais a auditoria ambiental se cinge. De forma a diferenciar a auditoria do uso da água do carácter de análise de conformidade associado ao termo “auditoria” das séries ISO, esta é muitas vezes apelidada de “diagnóstico de uso da água”. Ao nível do processo e metodologia da auditoria as semelhanças e paralelismos são mais evidentes e inequívocos. A Figura 5.2 representa o processo de auditoria do uso da água.

Adaptado de (Dawson, 1997), Sturman, Ho e Mathew (2004) propõem a seguinte definição para a auditoria do uso da água na indústria:

“Auditoria ao uso da água é um processo repetitivo, sistemático e documentado para objectivamente obter um balanço entre o input de água ‘para’ e o output de água ‘de’ uma operação. A qualidade da água é medida quando necessário. São identificadas oportunidades para a redução do uso, reutilização, reciclagem e substituição de fontes de água. São realizadas avaliações financeiras de todas as oportunidades identificadas. É planeada uma estratégia de gestão da água, a qual é consistente com os requisitos legais, a política ambiental da empresa e o seu movimento em direcção a um desenvolvimento sustentável. O resultado deste processo é comunicado ao cliente e ao auditado quando estes forem diferentes.”

Não sendo objectivo deste trabalho a realização de uma auditoria do uso da água, algumas ferramentas e respectivos conceitos associados apresentados nos passos metodológicos desta abordagem na Figura 5.2, são de especial interesse no âmbito deste trabalho.

Como referido anteriormente, um dos conceitos centrais e basilares desta metodologia é o balanço de fecho do ciclo da água. Este consiste na comparação entre os fluxos de entrada de água para um domínio com os seus respectivos fluxos de saída, com uma pré-determinada tolerância. Matematicamente, é calculado da seguinte forma:

$$\frac{\text{Somadas entradas} - \text{Soma das saídas}}{\text{Soma das entradas}} \times 100 < 10\%$$

De acordo com a literatura, o valor de tolerância de 10% é geralmente bem aceite e tem uma utilidade essencialmente indicativa e de referência. Este balanço tem como função facultar uma ideia acerca da fidedignidade dos fluxos identificados no campo, no sentido de apontar eventuais fluxos não identificados, erros nas suas medições e perdas de água no domínio em questão. Este balanço de fecho pode ser aplicado ao universo de estudo, ao domínio compreendido entre as entradas de água no universo e os seus pontos de utilização ou ao domínio compreendido entre os seus pontos de utilização e os seus pontos de descarga ou saída ou até ao nível uma operação ou processo (Sturman, Ho, & Mathew, 2004).

Outro conceito e ferramenta fundamental nesta abordagem metodológica ao uso da água na indústria é o diagrama de fluxos. Tal como o balanço de fecho, este pode ser aplicado a vários níveis, dependendo do nível de detalhe pretendido, e tem como principal objectivo sintetizar e sistematizar o ciclo da água. Este diagrama é constituído por setas e caixas, onde as setas representam os fluxos de água e as caixas representam as operações ou unidades consumidoras de água. Tendo como

principal objectivo a simplificação do ciclo da água, não seria de todo exequível a representação de todas as tubagens de água nem de todas as operações individualmente. Assim, cada linha pode representar várias tubagens existentes na realidade que apresentem a mesma funcionalidade. Da mesma forma, cada caixa pode representar várias operações de consumo de água semelhantes. O nível de simplificação aplicado à construção dos diagramas de fluxo dependerá do âmbito da auditoria. Nestes diagramas são ainda identificadas as fontes de água e a quantificação dos fluxos, expressa em m³/ano. A construção destes diagramas deve ser precedida de um trabalho de campo para a identificação prévia dos circuitos de distribuição de água e das operações consumidoras de água, auxiliado por informações adicionais como plantas da unidade industrial e dos respectivos processos, *layouts* dos circuitos de distribuição de água, fontes de água, reutilizações e reciclagens de água existentes, auditorias anteriores (quando existentes), utilização de água de processo, utilizações gerais de água, utilizações de água para consumo humano, saídas de água da unidade industrial, tratamentos de água e plantas de unidades ou processos a serem desenvolvidos no futuro (Sturman, Ho, & Mathew, 2004). Estes diagramas serão a base para o delineamento de uma estratégia de gestão da água.

6 Material e Métodos

6.1 Caracterização do objecto de estudo

O primeiro passo para a realização elaboração de uma proposta de estratégia de gestão do uso da água foi a identificação da área em estudo. Foram realizadas várias visitas às diferentes estruturas da Unidade Industrial, de forma a identificar os seus limites físicos e o tipo de operações desenvolvidas. Estas visitas tiveram o acompanhamento dos respectivos responsáveis de cada área de forma a identificarmos as principais operações associadas a cada uma delas, as suas funcionalidades e, em alguns casos, a sua frequência ou periodicidade.

Assim, fez-se uma caracterização geral da unidade industrial, partindo-se de seguida para a divisão da mesma em sistemas consumidores de água, por sua vez subdivididos em áreas mais pequenas (subsistemas) que permitissem uma análise com um nível de complexidade e especificidade maior. Estes subsistemas foram definidos, essencialmente, de acordo com as operações associadas a cada fase do processo ou utilidades necessárias ao seu funcionamento. As especificidades de cada subsistema serão apresentadas no Capítulo 7.

Esta primeira etapa da dissertação teve especial relevância na elaboração dos diagramas de fluxos. Foram elaborados diagramas conceptuais preliminares, com a delimitação das fronteiras do sistema de estudo e dos potenciais subsistemas, que foram sendo desenvolvidos ao longo do trabalho. Os diagramas de fluxo finais pretendem representar, de forma simples, o complexo ciclo da água dentro do universo de estudo, identificando os principais fluxos, os seus volumes e os seus níveis de qualidade.

6.2 Identificação dos fluxos de água

Após delimitação do universo de estudo, procedeu-se à validação da rede de distribuição de água. Devido à sua extensão e complexidade, após uma análise superficial realizada em conjunto com os responsáveis da SCC, identificaram-se as oportunidades prioritárias de melhoria tendo por base a experiência acumulada no sector, o volume de água consumido e o tipo de processos envolvidos. Esta análise conjunta permitiu pré-seleccionar alguns subsistemas para ser desenvolvida a validação da rede de distribuição de água. Durante cerca de quatro meses foram feitas visitas aos subsistemas pré-seleccionados no sentido de se recolher informação para actualizar com rigor o cadastro das redes de distribuição de água, desde a sua origem até aos consumidores finais. Outra etapa desta fase exploratória foi a identificação dos contadores existentes e a sua localização. Na primeira etapa de acção (cerca de três meses), foram seguidas as tubagens de distribuição de água e registado o seu esquema de distribuição, bem como a localização relativa dos contadores de água existentes. Posterior e progressivamente, foram sendo disponibilizadas algumas informações auxiliares por parte dos responsáveis da SCC, nomeadamente plantas gerais da unidade industrial e plantas piezométricas do cadastro da rede de águas. Estas foram úteis para a validação e

actualização da rede de distribuição por comparação com os resultados obtidos *in situ*. As alterações verificadas foram registadas nas plantas facultadas, tendo sido as mesmas devolvidas aos responsáveis pela área de desenho para sua actualização.

Foram identificadas as origens e os destinos da água, os consumidores finais de cada subsistema e os destinos das águas residuais geradas na unidade industrial.

6.3 Quantificação e Balanço dos Fluxos de Água

A partir da identificação das estruturas, operações, processos associados e rede de distribuição de água, procedeu-se à quantificação dos fluxos de água. Para tal foram utilizados quatro tipos de base de dados:

- Registos das Utilidades (“Utilidades”), onde são compilados os consumos mensais atribuídos a cada área (subsistema), constituindo os dados oficiais de consumo de água da SCC, no período temporal de Janeiro de 2008 a Junho de 2009;
- Registos mensais das leituras dos contadores existentes (“Contadores”), no período de Janeiro de 2008 a Junho de 2009;
- Validação no terreno dos consumos de água através da leitura e registo diário dos contadores, por um período de três semanas, de 22 de Abril a 13 de Maio. As leituras foram realizadas durante os dias úteis sempre à mesma hora;
- Outros dados complementares úteis para o desenvolvimento do estudo (registos de contadores parciais específicos de alguns consumidores de certas áreas, estimativas expeditas de consumidores finais específicos).

Um aspecto de relevante interesse mas que pode passar despercebido é a metodologia de registo das leituras dos contadores. Os registos dos contadores gerais resultam de leituras realizadas com uma periodicidade de quinze dias por um grupo de duas a quatro pessoas. Cada uma dessas pessoas, devido à extensão da unidade industrial e à dispersão dos contadores nela existentes, fica assim incumbida de registar as leituras referentes aos contadores existentes numa determinada zona. Esta metodologia poderá introduzir alguns erros na realização de cálculos de balanço devido ao facto de não serem registadas as leituras de todos os contadores ao mesmo tempo. Este erro será tanto maior quanto menor o número de pessoas. No entanto, efectuando os registos de leitura sempre pela mesma ordem e aumentando o intervalo de tempo entre cada leitura, este será menos representativo (o registo de consumo anual terá um erro menor do que o registo de consumo mensal).

Os dados de validação no terreno dos consumos de água seguiram uma metodologia semelhante, sendo realizados os registos por duas pessoas. Devido ao registo de todos os contadores pré-seleccionados demorar cerca de 45 minutos e ao passo de leitura curto (diário), constatou-se que os erros associados inviabilizam a realização de balanços fiáveis diariamente.

Seguindo a lógica de uma abordagem sistemática ao “universo de estudo” mais abrangente do que a análise realizada para os subsistemas mais específicos, foi realizada a seguinte análise gráfica dos dados:

- distribuição do consumo anual, em percentagem, por cada subsistema (“utilidades” e “contadores”);
- evolução do consumo mensal, em volume, por área (“utilidades” e “contadores”);
- evolução do consumo total mensal, de Janeiro de 2008 a Junho de 2009 (“utilidades” e “contadores”).

Esta primeira análise teve como objectivo verificar a existência de correlações entre os diversos processos e os respectivos consumidores, tendências de consumo e eventuais incongruências nos dados registados. Contribuiu também para a selecção das áreas onde se desenvolverá uma análise mais detalhada.

Ainda com uma abordagem ao nível do “universo de estudo”, foram efectuados balanços para aferir o fecho do ciclo da água e verificar eventuais erros de medição, fluxos não identificados ou perdas ao longo do circuito de distribuição de água.

Com uma ideia do perfil de referência de consumo de água geral no “universo de estudo”, passou-se de seguida para uma análise de consumos mais específica, ao nível de alguns subsistemas identificados no subcapítulo 6.1, seleccionados com base nos resultados da primeira etapa do referido ponto. Para cada um desses subsistemas foram analisados:

- evolução dos consumos mensais, por contador (dados dos “contadores”), em volume;
- evolução dos consumos mensais, por contador (dados dos “contadores”), em percentagem relativamente ao total de toda a unidade e ao total do subsistema em estudo;
- distribuição dos fluxos de entrada, no subsistema em estudo, pelos respectivos consumidores finais (dados de base dos “contadores”, de validações no terreno e outros).

Devido a algumas limitações, que serão discutidas convenientemente na apresentação dos resultados, nem sempre foi possível estabelecer uma correspondência directa entre os registos dos contadores gerais identificados no subcapítulo 6.2 e os consumidores finais, sendo que em alguns casos um contador serve vários consumidores finais dentro de cada subsistema e até de subsistemas diferentes. Nestes casos, na tentativa de analisar a evolução dos consumos de água de cada utilizador final, foram utilizadas extrapolações e estimativas com base em dados complementares com as mais diversas origens. Devido às especificidades e complexidades de cada subsistema, estes serão devidamente referidos nos resultados associados a cada subsistema.

Os resultados obtidos no passo anterior permitiram apresentar três balanços comparativos entre as entradas e saídas de água referentes ao “universo de estudo”, a cada subsistema e para o circuito de distribuição de água (desde a origem do circuito de distribuição até aos utilizadores finais).

6.4 Níveis de qualidade da água

Tendo em conta a existência de várias origens e tecnologias de tratamento de água para os diversos utilizadores, optou-se neste trabalho por uma abordagem menos exaustiva à qualidade da água. Foram hierarquizados, em termos de qualidade, os fluxos de água de entrada nos processos e, sempre que possível, quantificados em termos de caudal.

Foram no entanto realizadas análises laboratoriais a alguns fluxos de água de saída de certos processos com o intuito de avaliar potenciais reutilizações directas ou após algum tratamento de afinamento. Para a selecção destes fluxos foram considerados os seus caudais e a sua qualidade. Os parâmetros escolhidos para análise dependeram do processo que lhes deu origem. As análises foram realizadas nos laboratórios da SCC. No Quadro 6.1 estão indicados todos os parâmetros analisados e os respectivos métodos padrão utilizados.

Quadro 6.1 - Análises efectuadas às amostras recolhidas e respectiva bibliografia ou método aplicado

	ANÁLISE	BIBLIOGRAFIA/MÉTODO
1	Alcalinidade	Standard Methods – Water and Wastewater
2	Dureza total	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
3	pH	Standard Methods – Water and Wastewater
4	Cloretos	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 15 th Edition 1980
5	Cálcio	United Breweries Ltd. Technical Manual Vol. II, Método 31.47.11
6	Sulfatos por gravimetria	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 15 th Edition 1980
7	Turvação	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 15 th Edition 1980
8	Condutividade	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 15 th Edition 1980
9	Sólidos Totais	Método da E.P.A.
10	Sólidos suspensos	Standard Methods – Water and Wastewater
11	Ferro – Método da Fenantrolina	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 15 th Edition 1980
12	Coliformes totais e E.Coli	Método Simplate – AOAC Official Method
13	Fósforo	Kit Merck
14	Azoto total	Kit Merck
15	CQO	Kit Merck
16	CBO	Standard Methods – Water and Wastewater
17	SST	Standard Methods – Water and Wastewater
18	Oxidabilidade	Standard Methods – Water and Wastewater

No Quadro 6.2 encontram-se representadas as amostragens, tipos de recolhas e análises efectuadas. Na coluna “Análises Efectuadas” é indicado o correspondente número associado ao parâmetro analisado, conforme o Quadro 6.1.

Quadro 6.2 - Amostras recolhidas, tipo de amostragem e análises efectuadas às mesmas

AMOSTRA	TIPO DE AMOSTRAGEM	ANÁLISES EFECTUADAS
Água recuperada após tratamento	Resultados laboratoriais cedidos pela SCC	1,2,3,4,6,7,8,10,11,12,13,14,15,16,17,18
Água recuperada antes de tratamento	Análise composta de com amostrador automático (24h)	1,2,3,4,6,7,8,10,11,12,13,14,15,16,17,18
Água de trasfega da fermentação para guarda	Amostra pontual	1,2,3,4,6,7,8,9,10,11,13,14,15,16,17,18
Trasfega do mosto para fermentação (inicial)	Amostra pontual	1,2,3,4,6,7,8,9,10,11,13,14,15,16,17,18
Trasfega do mosto para fermentação (final)	Amostra pontual	1,2,3,4,6,7,8,9,10,11,13,14,15,16,17,18

7 Resultados e Discussão

7.1 Caracterização do universo de estudo

O universo de estudo deste trabalho é a unidade industrial de Vialonga da SCC, sendo os seus limites definidos pelos limites físicos da unidade (“universo de estudo”), conforme identificado na Figura 7.1 (contorno vermelho). Deste, dois grandes sistemas foram identificados: “Produção” e “Complementar”. O primeiro corresponde ao conjunto de todas as estruturas, processos e operações intrínsecas ao processo fabril de produção de cerveja, tal como representado no Capítulo 2 (Figura 2.1). O segundo corresponde ao conjunto de todas as outras estruturas, processos e operações complementares ao processo produtivo. Esta divisão meramente conceptual, não tendo sido alvo de nenhuma abordagem concreta, é útil na compreensão da inter-relação entre os subsistemas identificados, sobre os quais incidiu a nossa análise.



Figura 7.1 – Delimitação física do objecto de estudo (fonte: Google Earth)

No Quadro 7.1 é apresentada a referida divisão em sistemas e subsistemas. A coluna “Sub-processos” pretende descrever a função/objectivo do subsistema, os principais processos e, quando o subsistema corresponde a um processo, os respectivos os sub-processos associados (por exemplo, a Malteria tem como objectivo produzir Malte que por sua vez é um processo com três sub-processos).

Quadro 7.1 – Identificação dos sistemas, subsistemas, sub-processos e operações associadas

Sistema	Subsistema	Sub-Processos	Operações com Uso de Água
Produção	Malteria	Produção de Malte: Molha, Germinação e Secagem	Lavagens de equipamentos e instalações, Maltagem, WC's
	Brassagem	Produção de Mosto: Empastagem, Calda, Ebulição; Arrefecimento do Mosto	CIP's, lavagens de equipamentos e instalações, Fabrico, Arrefecimento do mosto, WC's e balneários, Trasfegas de Mosto, arrefecimento de bombas
	Fermentação e Guarda	Fermentação e armazenamento da cerveja fermentada antes do envio para Filtração; Propagação de Leveduras	Trasfegas de cerveja, lavagens de equipamentos e instalações, CIP's, WC's e balneários, recuperação de leveduras
	Filtração	Filtração, diluição e armazenamento da cerveja filtrada	Trasfegas de cerveja, centrifuga, diluição de cerveja filtrada, lavagens de equipamentos e instalações, CIP's, WC's, Outras (diluição de Kieselghur, de aditivos e aromas p cerveja,...)
	Enchimento de Garrafas e Latas	Enchimento de garrafas e latas e respectivo empacotamento (grades ou "pack's");	Pasteurizadores (de Túnel e Flash), bombas de vácuo, Lavadoras de Grades, Lavadoras de garrafas retornáveis, Enchedoras de garrafas e latas, rinsers, Lavagens de equipamentos e instalações, lubrificação de tapetes transportadores, CIP's, WC's, balneários e similares (lavatórios, lava-olhos, etc)
	Enchimento de Barris	Enchimento de Barris de cerveja e seu acondicionamento	Pasteurizador Flash, Lavadora/Enchedora de Barris, Lavadora Exterior de Barris, Lavadora Interior de Barris, Lavagens de equipamentos e instalações, CIP, WC's, balneários e similares, Lubrificação de tapetes transportadores
	Refrigerantes	Fabrico de refrigerantes e enchimento em barris; Enchimento de garrafas de Cerveja;	Fabrico de Refrigerantes, Rinsers, bomba de vácuo, Lavadora de Grades, Pasteurizador de Túnel, Enchedora/Lavadora Interior de Barris, Enchedora de Garrafas, Lavadora de Garrafas Retornáveis, Lavagens de equipamentos e instalações, CIP, Lubrificação de tapetes transportadores
Complementar	ETAR	Gradagem/tamizagem; Remoção de óleos e gorduras; Equalização e neutralização; Decantações; Digestão Anaeróbia; Arejamento; Clarificador/floculador; Osmose Inversa	Lavagens de equipamentos e instalações, WC's
	ETA	Arrefecimento de água, desferrização e filtração	Retrolavagens dos Filtros
	Rede Incêndios		Combate a incêndios, Rega, outras
	Corpo AB (administrativo)		Usos semelhantes aos domésticos
	Laboratório		Usos laboratoriais, usos semelhantes aos domésticos
	Produção de Vapor		
	Produção de Frio		Reposição do nível da água nas torres de arrefecimento, outras
	CO2	Armazenamento de CO2 proveniente da fermentação; Carbonatação de água e Cerveja	Separação entre o CO2 armazenado e a atmosfera, lavagens de equipamentos e instalações, WC e balneário
	Movimento	Área destinada ao transporte de paletas de produto para carregamento de transporte rodoviário	Lavagens de instalações, WC's e Balneários
	Oficinas		Lavagens de instalações, WC's e Balneários
	Armazéns Gerais		Lavagens de instalações, WC's
	Secagem de Leveduras	Recuperação de leveduras em excesso da fermentação para secagem e armazenamento	Lavagem de instalações e equipamentos

Nesta fase concluímos, devido à dimensão do processo e à sua complexidade, a impossibilidade de, face aos recursos disponíveis, abordar em pormenor neste trabalho a totalidade do universo de estudo.

7.2 Identificação dos fluxos de água

A entrada de água no universo de estudo tem duas origens: EPAL e Furos. A água da EPAL é fornecida essencialmente pela estação de captação do rio Tejo, sendo alternativamente fornecida pela captação do rio Alviela. Ao nível dos furos, existem actualmente quatro em funcionamento, cada um com contador totalizador do fluxo captado (Furo 8, Furo 9, Furo 10 e Furo 11). Toda a água captada é armazenada em dois tipos de cisternas: uma onde é misturada a água fornecida pela EPAL com a água captada dos furos, e outra apenas com água da EPAL. A água é distribuída por toda a unidade industrial a partir destas duas cisternas. Enquanto a água da EPAL é armazenada directamente nas cisternas, a água proveniente dos furos passa ainda por uma estação de tratamento onde é desferrizada antes do seu armazenamento para posterior distribuição. Existem associados a este fluxo três contadores: o CTA (totalizador do fluxo à entrada da ETA) e os contadores CT51 e CT48 (à saída da ETA, totalizam o fluxo de água desferrizada dos furos para a cisterna de armazenamento).

As saídas de água do universo de estudo para a sua vizinhança dão-se sob a forma de: produto (cerveja e refrigerantes), águas residuais tratadas e não tratadas para o meio receptor natural, vapor para a atmosfera, “dreches” (subprodutos da produção do malte e do mosto para fermentação) e de perdas não identificadas.

Entre as origens e os destinos da água temos todo o sistema de distribuição até aos consumidores finais. Na Figura 7.2 encontra-se representado esquematicamente, em forma de diagrama em árvore, os contadores identificados no circuito de distribuição de água. Na Figura 7.3 apresenta-se a interligação entre os contadores (e os seus fluxos de água) e os subsistemas identificados.

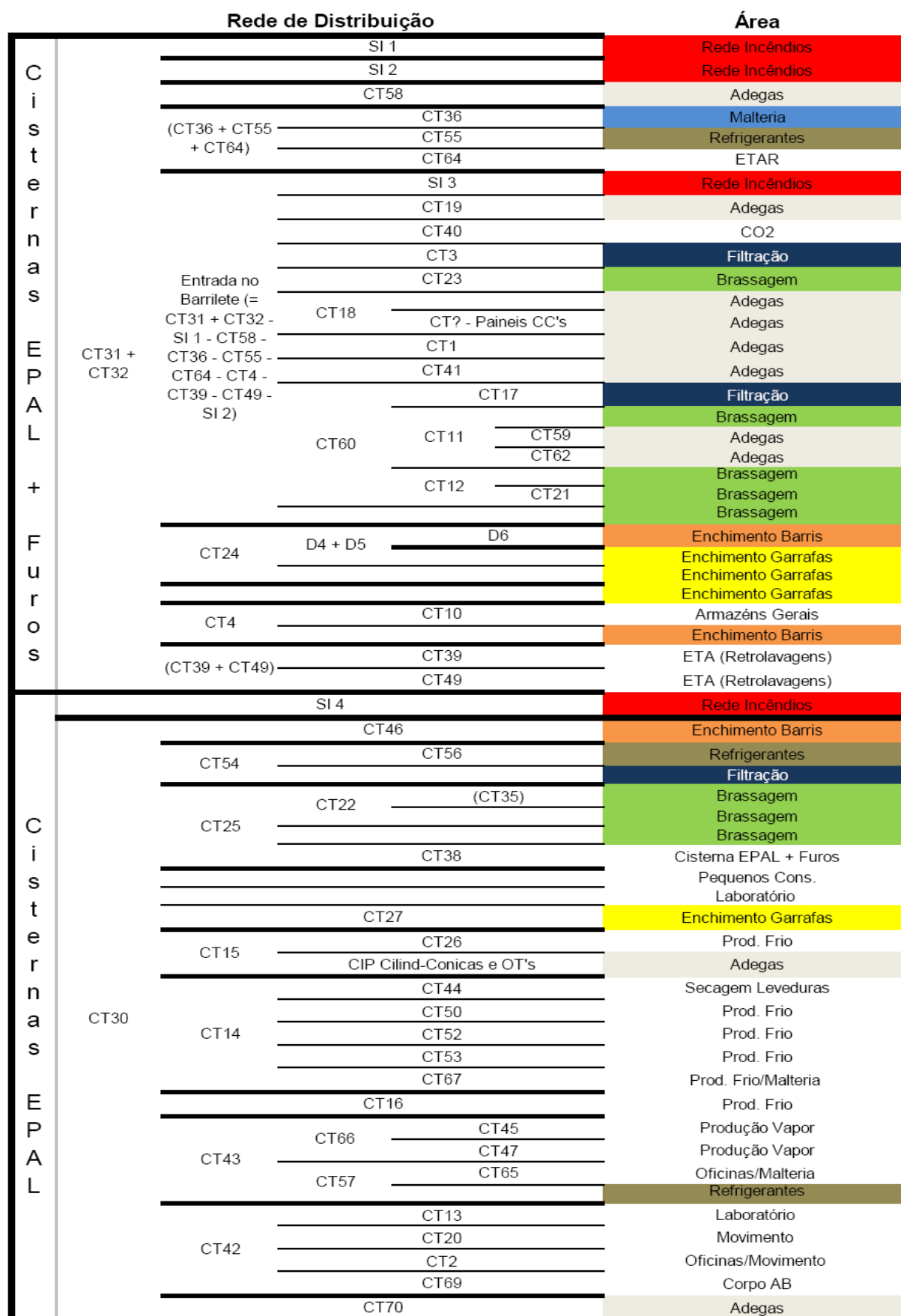


Figura 7.2 – Diagrama em árvore do circuito de distribuição de água

Na elaboração do esquema de distribuição de água representado na Figura 7.2, houve necessidade de proceder a algumas simplificações. Foram ignorados circuitos alternativos, controlados por meio de válvulas, utilizados apenas em caso de emergência. Alguns deles (tanto os circuitos como as posições relativas das válvulas) foram validados no terreno, outros através de plantas ou confirmados pelos funcionários da SCC, utilizadores e conhecedores dos mesmos, devido à sua inacessibilidade. Algumas estruturas físicas, como por exemplo barriletes de redistribuição de água, foram também ignoradas, tendo sido consideradas no diagrama apenas as suas entradas e respectivas saídas. Um exemplo destas simplificações verifica-se ao nível dos contadores CT31 e CT32. Estes estão à saída das duas cisternas de água “EPAL+Furos” (a qualidade da água é idêntica nas duas cisternas), e as respectivas tubagens a jusante do local onde contabilizam o volume de água encontram-se interligadas por meio de uma válvula que se encontra normalmente aberta. Para além disto, os dois circuitos terminam num barrilete, onde estes dois fluxos se misturam e são distribuídos para alguns dos subsistemas identificados. Assim, consideraram-se estes dois contadores e fluxos como um só.

Ao nível da atribuição de fluxos a determinados subsistemas, foram também assumidas algumas simplificações. No subsistema “Oficinas” foi considerada a atribuição da totalidade do fluxo do contador CT65, no entanto este alimenta também alguns sanitários do subsistema “Malteria”. No subsistema “Produção de Frio”, foi igualmente considerada a atribuição da totalidade do fluxo do contador CT67, no entanto uma parte deste fluxo é utilizado na “Malteria” para baixar a temperatura da água de molha em situações pontuais quando esta atinge temperaturas elevadas nos dias mais quentes do ano. No subsistema “Movimento” foi igualmente considerada a atribuição da totalidade do fluxo do contador CT2, no entanto em termos espaciais uma parte do seu fluxo é dirigida para áreas desactivadas como a “Oficina de Viaturas” e “Estação de Serviço” onde a sua utilização será pontual e pouco representativa.

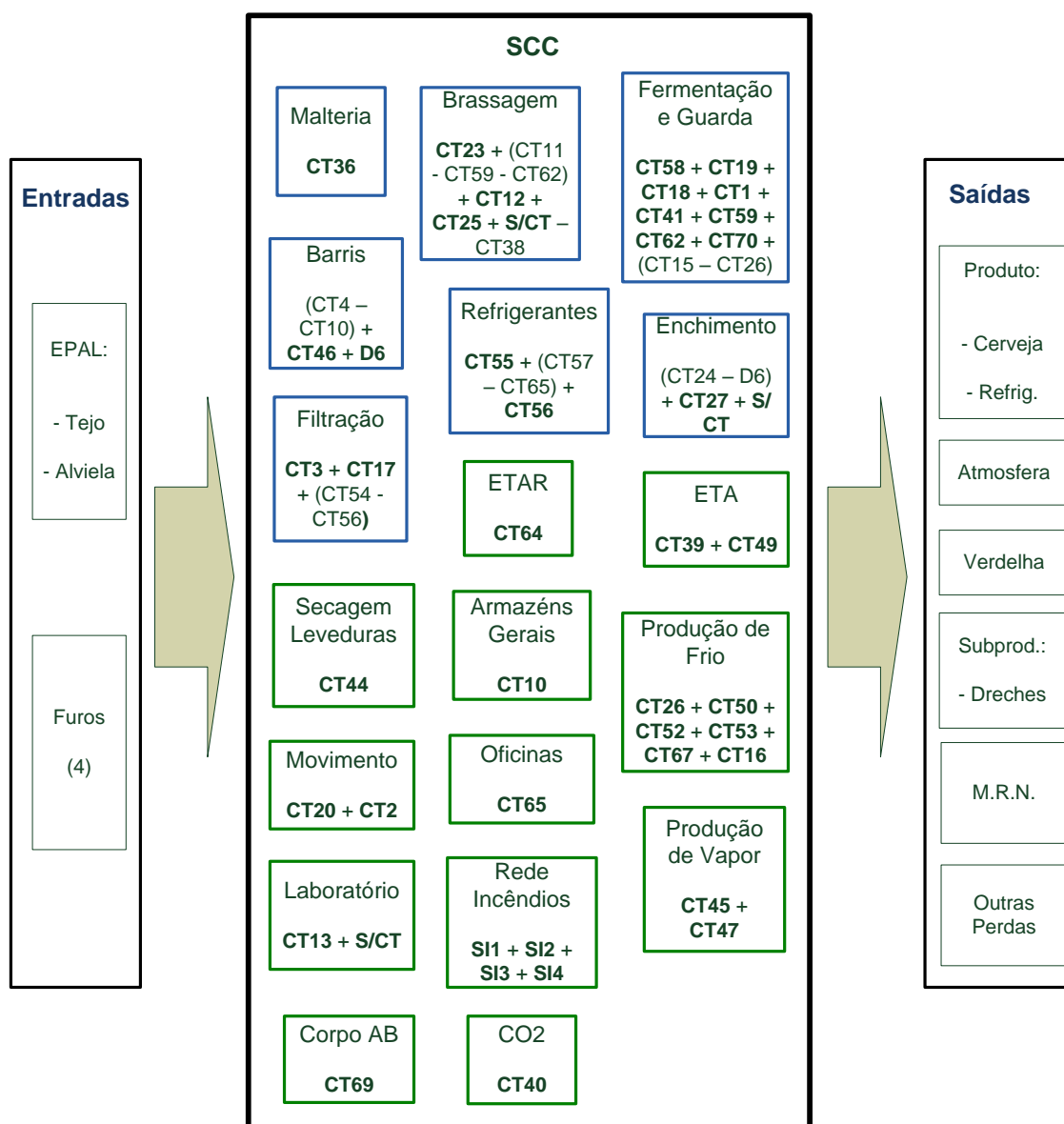


Figura 7.3 – Diagrama representativo das entradas e saídas de água do universo de estudo e os contadores associados aos respectivos subsistemas (S/CT = sem contador)

Analisando as Figura 7.2 e Figura 7.3, verifica-se a existência de vários fluxos não contabilizados, nomeadamente para a “Brassagem” (circuito desactivado, segundo indicação dos funcionários), para o “Enchimento de Garrafas e Latas”, para o “Laboratório” e ainda para outros Pequenos Consumidores não identificados. Esta situação, aliada ao facto de um só contador servir mais do que um subsistema, vem introduzir limitações no balanço e fecho do ciclo da água. Sempre que possível, no subcapítulo 7.4, serão utilizados dados auxiliares e estimativas de forma a contornar estas limitações.

7.3 Tecnologias de Tratamento, Reciclagem e Reutilização de Água

A utilização muito específica de água para determinados processos, nomeadamente para o fabrico de bebidas ou para operação de equipamentos, requer por vezes a aplicação de tecnologias de tratamento para a afinação da sua qualidade. Podem ainda ser utilizados tratamentos de água com o objectivo de reciclar água para novas utilizações. No nosso universo de estudo foram identificados os seguintes tratamentos:

- Desferrização
- Filtração (com meios filtrantes de areia e de cartucho)
- Adsorção por carvão activado
- Descalcificação
- Arejamento
- Desarejamento
- Carbonatação
- Arrefecimento/Aquecimento
- Controlo de pH
- Permuta iónica
- Desinfecção por raios Ultra-Violeta (UV)
- Cloragem
- Osmose Inversa

Alguns destes tratamentos são utilizados em vários fluxos de água, individualmente ou em conjunto (em série) como um bloco de tratamentos. No Quadro 7.2 são apresentados os tratamentos de afinação da qualidade da água, as suas origens e destinos, referenciando-os aos respectivos instrumentos de medida (contadores) ou aos subsistemas seleccionados dentro do universo de estudo.

Quadro 7.2 - Tratamentos de afinação da qualidade da água e respectivos fluxos associados

Origem do Fluxo	Tratamento(s)	Destino
Furos (8, 9, 10 e 11) > CTA	Arrefecimento, Desferrização e Filtração por meio de areia	CT41 + CT48 > Cisternas de armazenamento de água
CT25	Controlo de pH e Arejamento	Brassagem
CT54	Permuta iónica	CT56
		Desarejamento, Carbonatação, Filtração por cartucho, Desinfecção por UV
Permuta iónica	Desarejamento, Carbonatação, Filtração por cartucho, Desinfecção por UV	Filtração
CT24	Descalcificação	D4 + D5
EPAL + Furos	Cloragem	CT31 + CT32

Como forma de melhoria na eficiência do uso da água, existem alguns fluxos de água que, após a sua utilização são recuperados e tratados de forma a atingirem um nível de qualidade que

permita nova utilização em determinadas operações. Com este intuito foram identificados três circuitos de distribuição, paralelos ao circuito geral de água descrito no subcapítulo anterior:

- Circuito de distribuição de água recuperada;
- Circuito de água quente;
- Circuito de água permeada da Osmose Inversa.

O circuito de distribuição de água recuperada é alimentado a partir de algumas operações dos subsistemas “Enchimento de Garrafas e Latas” e “Refrigerantes”. Esta água é recuperada para um tanque de recolha, passando de seguida por filtros de areia, conduzida posteriormente para uma cisterna (anexa às cisternas de água da EPAL e EPAL+Furos). Desta, é redistribuída para diferentes funções operacionais nos subsistemas “Enchimento de Garrafas e Latas”, “Refrigerantes” e “Enchimento de Barris”, passando por um tratamento de desinfecção por UV. Este circuito apresenta ainda ligação aos subsistemas “ETAR” e “Oficinas”, sendo no entanto desprezadas estas ligações pela sua pequena representatividade e relevância comparadas com as restantes. Na Figura 7.4 e Figura 7.5 são apresentados os circuitos e contadores associados, respectivamente, à produção e consumo da água recuperada. O fluxo de distribuição de água recuperada para consumo, representado na Figura 7.5, corresponde à situação verificada a partir de Fevereiro de 2009, altura em que se passou a utilizar esta água na lavagem exterior dos Barris de Cerveja (o que não sucedia até então).

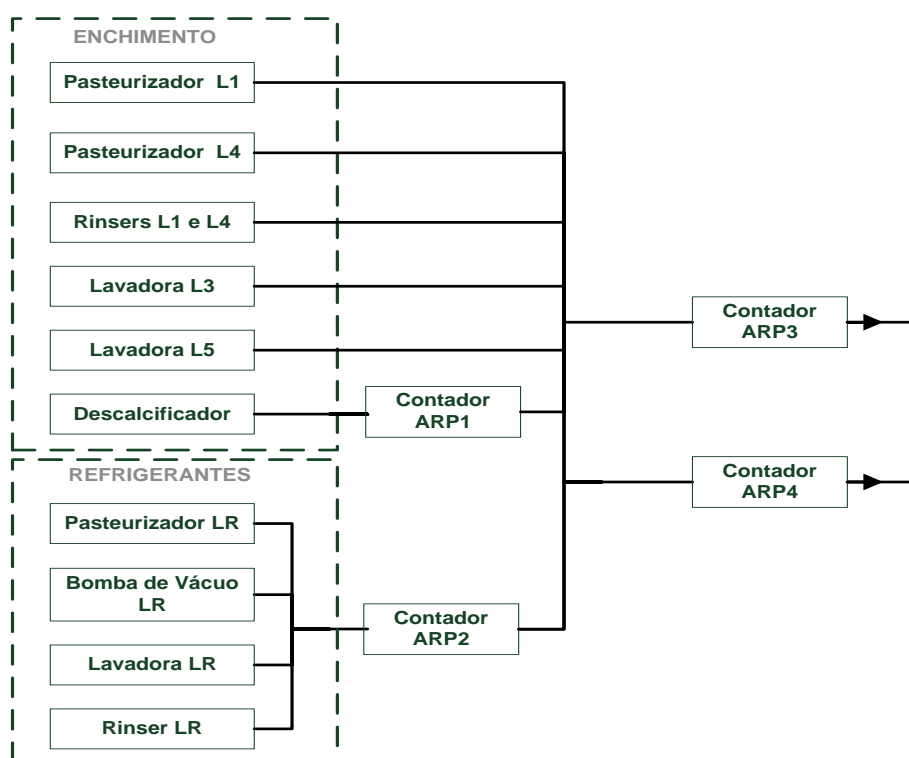


Figura 7.4 - Fluxos de alimentação do circuito de distribuição de água recuperada

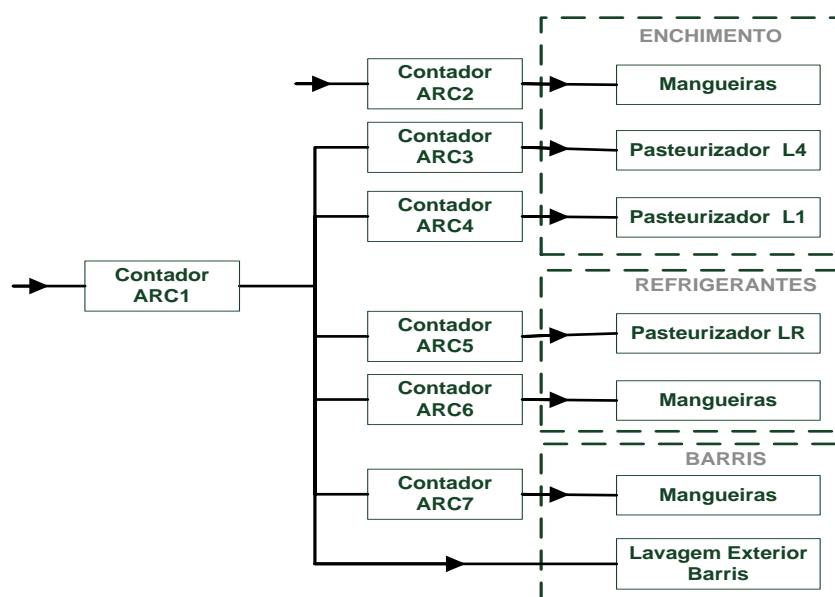


Figura 7.5 – Fluxos de saída do circuito de distribuição de água recuperada

O circuito de água quente é alimentado por parte do fluxo proveniente do contador CT25. Este é utilizado para arrefecer o mosto produzido no subsistema “Brassagem”, ocorrendo assim uma transferência de energia térmica do mosto para este fluxo de água. Esta água quente é armazenada em sete tanques de água quente, quatro dos quais a água é mantida a 60°C e nos três restantes é mantida a 80°C, sendo a sua temperatura regulada através de outro fluxo de água proveniente do contador CT22 e de um permutador de calor auxiliar. O excesso de água quente proveniente do arrefecimento do mosto é reenviado para um tanque intermédio a partir do qual retorna para as cisternas de armazenamento de água designada por “EPAL + Furos”. Dos sete tanques de água quente, a água é redistribuída para a “Brassagem” (onde é utilizada no processo de Fabrico e nas CIP’s), para a “Filtração” (utilizada na CIP) e para as “Fermentação e Guarda” (utilizada nas CIP’s). Devido à sua extensão, complexidade e falta de informação acerca das taxas dos fluxos associados (contadores, registos de leituras e volumes consumidos), não foi abordado neste trabalho.

A tecnologia de Osmose Inversa (OI) encontra-se implementada no universo de estudo como tratamento de fim de linha, no subsistema “ETAR”. A central de Osmose Inversa dispõe de um pré-tratamento constituído por dois filtros de areia, dois filtros de carvão activado e um microfiltro. Seguidamente o fluxo pré-tratado é conduzido aos módulos de OI através de bombas, permitindo uma alimentação com um caudal máximo de 25m³/h. Nenhuma outra informação acerca do funcionamento da central de OI foi disponibilizada em tempo útil por parte da SCC, do fabricante ou do representante do fabricante em Portugal. O fluxo de alimentação da OI provém do efluente tratado da ETAR. O concentrado é lançado no meio receptor natural, juntamente com o restante efluente tratado, e o permeado é enviado para uma cisterna de armazenamento (junto às cisternas de armazenamento de água da EPAL, “EPAL+Furos” e Recuperada). Esta água é utilizada na reposição do nível da água de alimentação das torres de refrigeração inseridas no subsistema “Produção de Frio”, devido às perdas por evaporação e purgas deste subsistema, e ao subsistema “Produção de Vapor”.

7.4 Quantificação e balanço dos fluxos de água

Conforme referido no subcapítulo 6.3, vários dados de base foram reunidos para a análise quantitativa do consumo de água no universo de estudo. Os primeiros a serem recolhidos e analisados foram os das “Utilidades” referentes ao ano de 2008 (Anexos, Quadro A.1). No gráfico da Figura 7.6 podemos constatar que os subsistemas associados à “Produção” representam, no seu conjunto, 86% do consumo total anual de 2008 do universo de estudo.

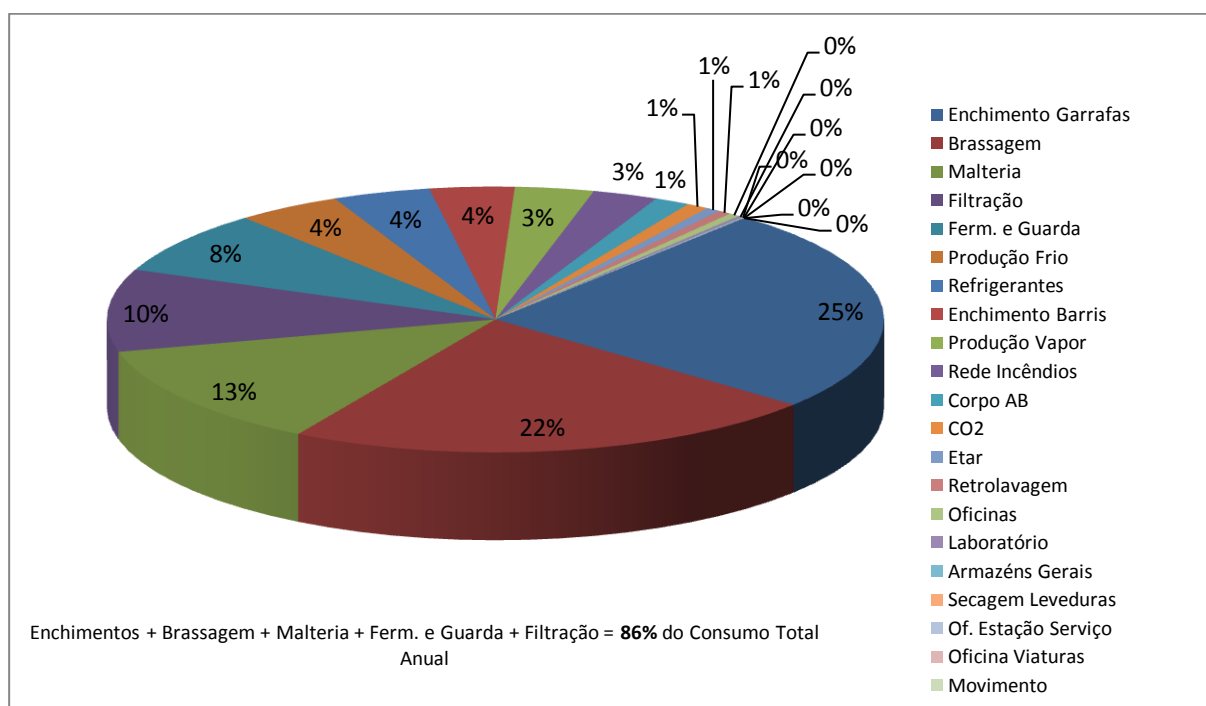


Figura 7.6 – Percentagem de consumo anual de 2008 por subsistema (base de dados “Utilidades”)

Como forma de validação destes dados, os mesmos foram comparados com os dados de base dos “Contadores” (Anexos, Quadro A.3). Estes dados foram trabalhados de acordo com as validações no terreno do circuito de distribuição de água e assim agrupados os seus consumos de acordo com o esquema apresentado na Figura 7.2 (subcapítulo 7.2). Devido à sua representatividade em termos de consumo, o sistema da “Produção” foi abordado com maior detalhe. Na Figura 7.7 são apresentados os consumos de água de 2008 por subsistema, com base nos registos mensais dos contadores gerais. Tendo em conta a simplificação utilizada no subcapítulo 7.2, foram aqui considerados os subsistemas “Movimento”, “Oficinas de Viaturas” e “Oficinas e Estação de Serviço” como um só subsistema (“Movimento*”).

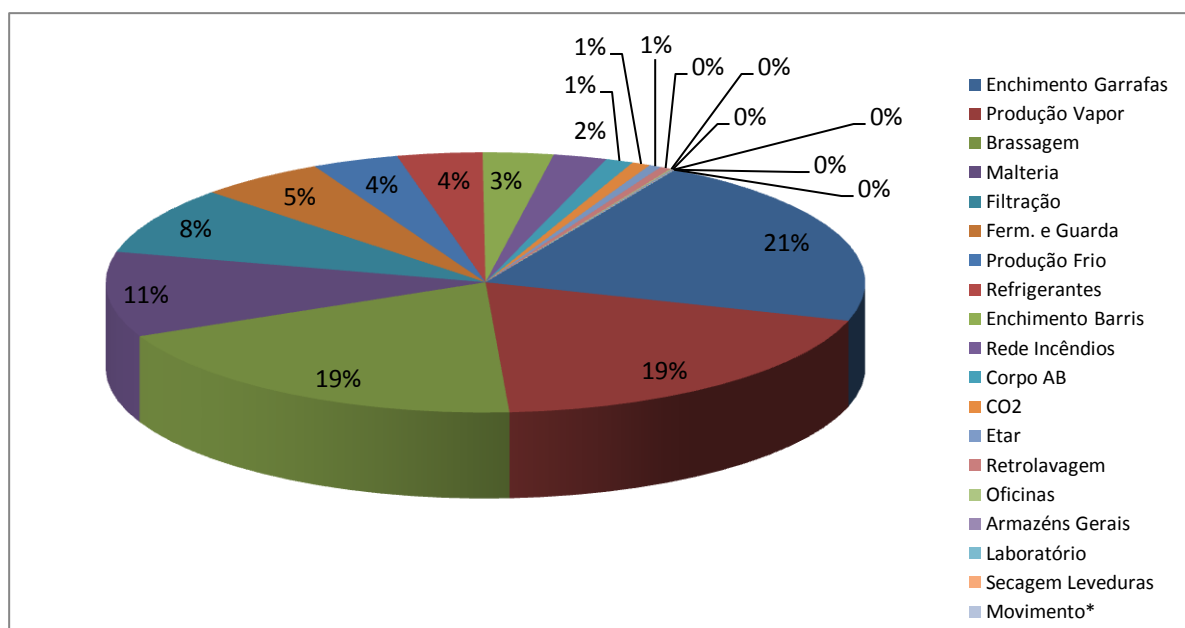


Figura 7.7 – Percentagem do consumo anual de 2008 por subsistema (base de dados “Contadores”)

Comparando os dois gráficos verificamos uma diferença bastante significativa ao nível da percentagem do consumo total associado ao subsistema “Produção de Vapor”. Analisando os dados de origem (Anexos, Quadro A.3), verificamos a existência de valores de consumo nos meses de Julho e Agosto, do contador CT45 associado ao subsistema “Produção de Vapor” (Figura 7.2), de uma ordem de grandeza bastante superior ao registado nos restantes meses. Este facto indicia a ocorrência de um erro de leitura do contador ou de uma descalibração do mesmo.

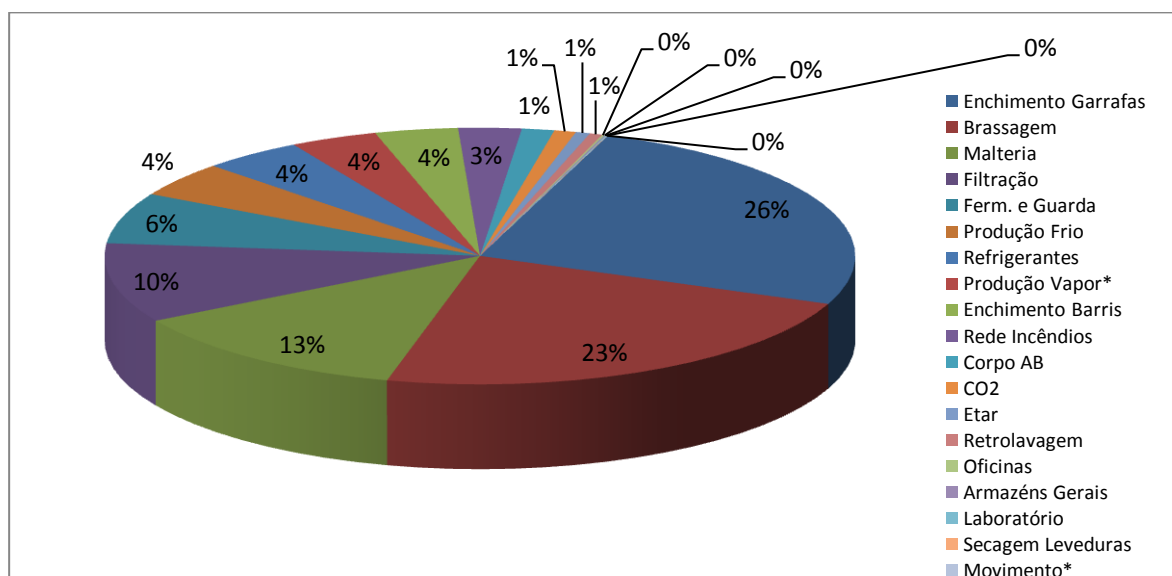


Figura 7.8 – Percentagem corrigida de consumo anual de 2008 por subsistema (base de dados “Contadores”)

Tendo em conta o esquema de distribuição de água e a posição relativa dos contadores apresentada na Figura 7.2, verificamos que o consumo associado ao subsistema “Produção de

Vapor” pode ser contabilizado tanto como a soma dos contadores CT45 e CT47 como pelo contador CT66. Assim, de forma a confirmar a hierarquização dos subsistemas em função do seu consumo total anual, foram substituídos os consumos registados pelos contadores CT45 e CT47 pelos consumos do contador CT66 (a partir de Março, devido à ausência e inconsistência dos dados do CT66 nos meses de Janeiro e Fevereiro, após a sua instalação, de acordo com as informações facultadas pelos responsáveis da SCC) nos resultados apresentados na Figura 7.8. Em termos percentuais, comparativamente com os dados da Figura 7.7, verificam-se pequenos desvios, enquanto que ao nível de hierarquização apenas se verifica a troca de posição relativa entre os subsistemas “Enchimento de Barris” e “Produção de Vapor”.

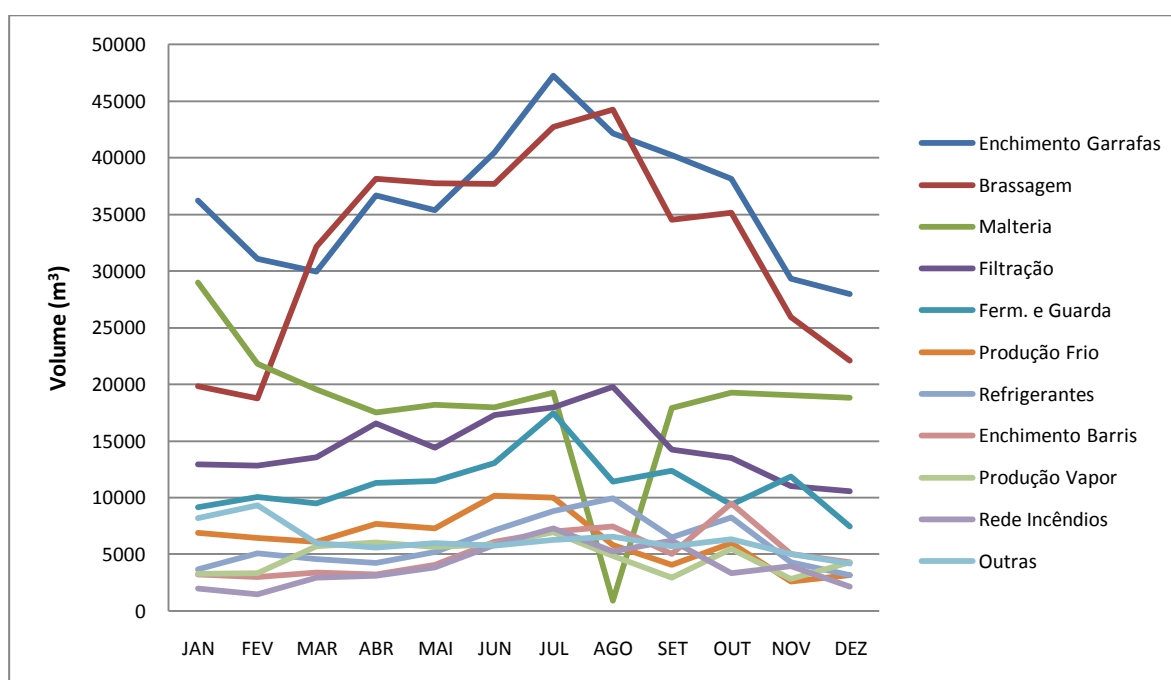


Figura 7.9 – Evolução do consumo de água de 2008 por subsistema (base de dados “Utilidades”)

Em termos absolutos, comparando graficamente os resultados dos dados de base “Utilidades” com os dos “Contadores” (Figura 7.9 e Figura 7.10, respectivamente), verifica-se uma evolução muito semelhante. No entanto, através de uma comparação mais objectiva, verificam-se desvios significativos. Nesta análise e nas seguintes, os subsistemas “Corpo AB”, “CO2”, “ETAR”, “Retrolavagem” (ETA), “Oficinas”, “Armazéns Gerais”, “Laboratório”, “Secagem de Leveduras” e “Movimento*” foram agrupados num só (“Outros”), devido à sua baixa representatividade em termos de consumo. Na Figura 7.11 estão representadas as diferenças, em termos percentuais entre os dois dados de base (Utilidades e Contadores), tendo sido aplicada a seguinte fórmula para o cálculo dos desvios:

$$\text{desvio (\%)} = 1 - \frac{\text{Volume (Contadores)}}{\text{Volume (Utilidades)}} \times 100$$

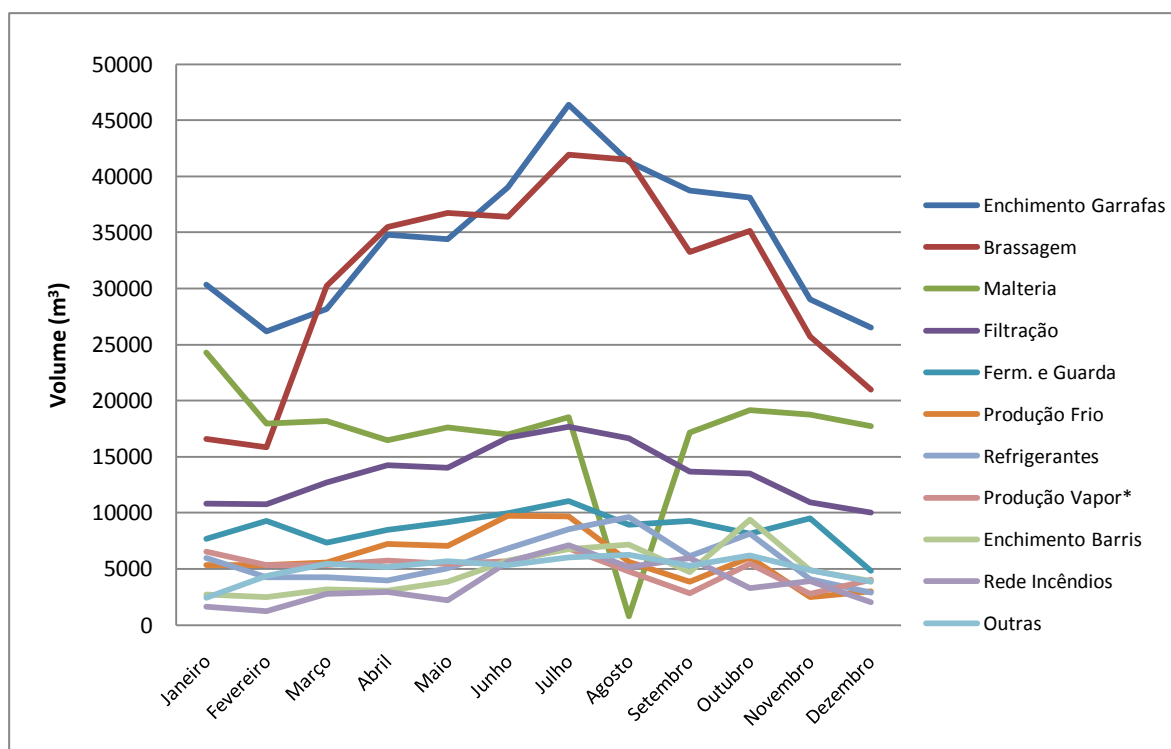


Figura 7.10 – Evolução do consumo de água de 2008 por subsistema (base de dados “Contadores”)

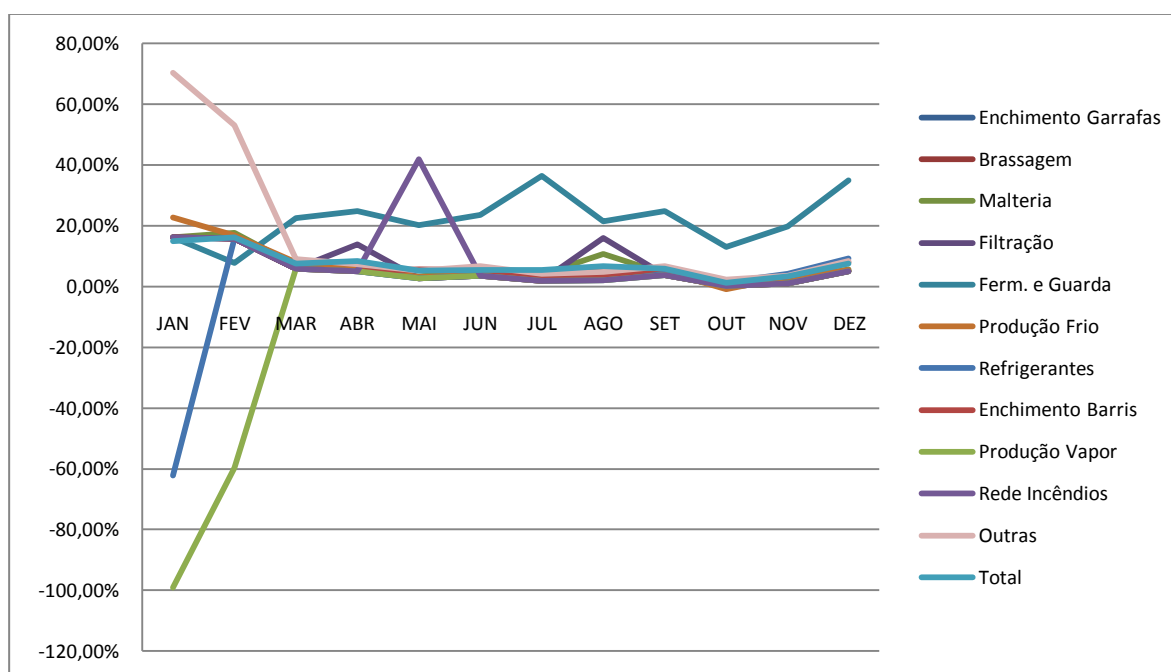


Figura 7.11 – Desvios entre os dados das bases de dados “Utilidades” e “Contadores”

Na Figura 7.11, sobressaem à partida, os desvios muito elevados nos meses de Janeiro e Fevereiro nos subsistemas “Produção de Vapor”, “Outras”, “Refrigerantes” e “Fermentação e Guarda”. Estes desvios estão associados a uma descontinuidade nos registos dos contadores associados a estes subsistemas nestes dois meses devido à sua substituição/instalação. Os contadores instalados/substituídos foram os seguintes: CTA, CT65, CT66, CT67, CT68, CT69 e

CT70. Esta instalação verificou-se em meados de Janeiro, sendo que os respectivos registos apresentados no mês de Fevereiro deverão corresponder ao consumo verificado desde o início da sua instalação até ao final de Fevereiro, devendo ser considerados como “outliers”. Esta situação deverá ter induzido à realização de uma estimativa dos valores de consumo, registados nos dados das “Utilidades”, com base no histórico de consumo. No caso do subsistema “Refrigerantes” houve inclusivamente a alteração do circuito de distribuição (para o descrito no subcapítulo 7.2). Também o pico verificado no mês de Maio para o subsistema “Rede de Incêndios” estará relacionado com um erro de leitura registado nos dados “Contadores” em relação ao contador SI2, sendo assim o valor total de consumo deste subsistema nos dados “Utilidades” superior devido à estimativa realizada, com base no histórico, para a sua obtenção. Expostos estes desvios pontuais e excepcionais, verifica-se uma diferença no consumo total mensal ao longo de 2008 entre 0,99% e 7,92%, sendo sempre superior nos dados de base “Utilidades”.

Para o período de 2009 (de Janeiro a Junho, Anexos, Quadro A.2 e Quadro A.5) verifica-se, em relação ao consumo total mensal, uma aproximação entre os dois dados de base, variando o desvio entre 0,6% e 7,1%, com um consumo total superior nos dados de base “Utilidades”. Não tendo nenhuma informação especial, assume-se que os principais desvios verificados para os subsistemas “Malteria”, “Refrigerantes”, “Rede de Incêndios” e “Fermentação e Guarda” se devam à metodologia utilizada pelos responsáveis da SCC na atribuição dos volumes consumidos em cada subsistema.

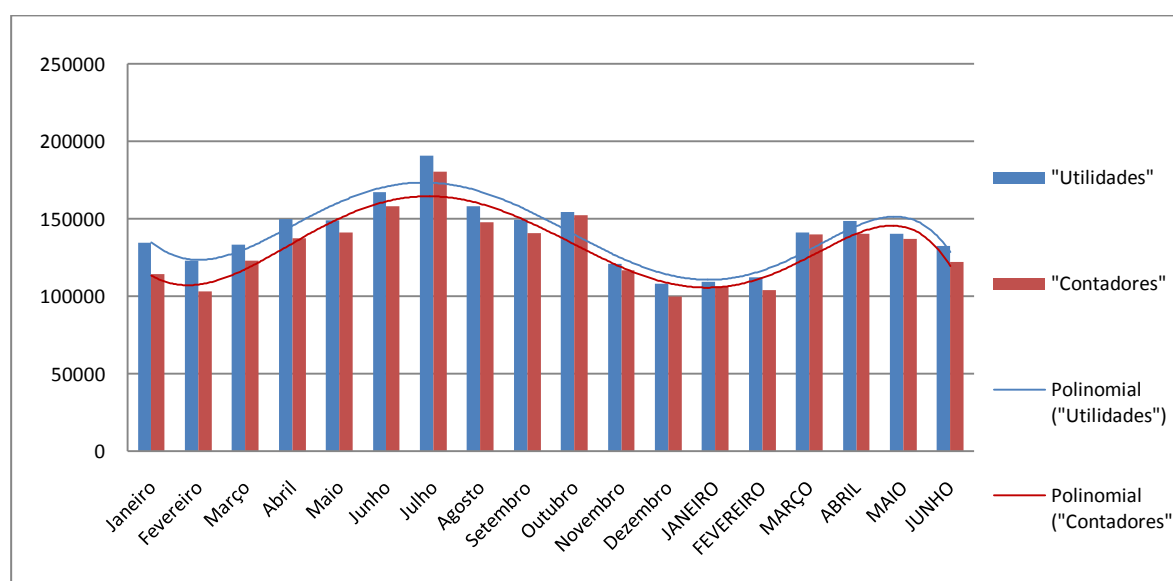


Figura 7.12 – Evolução do consumo de água de Janeiro de 2008 a Junho de 2009 (“Utilidades” e “Contadores”)

Analisando a Figura 7.12 verifica-se a tendência de decréscimo de consumo de 2008 para 2009 bem como a diminuição da diferença entre os resultados dos dois dados de base.

Embora através desta análise já tenha sido possível detectar alguns erros ao nível dos dados, o balanço para determinação do fecho do ciclo da água ao longo do circuito geral de distribuição de água poderá ser útil, por exemplo, na detecção de fluxos não identificados (“picagens”) no mesmo.

Este balanço é efectuado comparando os registos dos contadores no início e no fim do circuito de distribuição de água, considerando-se aceitável para valores inferiores a 10%:

$$\frac{\text{Somadas das entradas} - \text{Soma das saídas}}{\text{Soma das entradas}} \times 100 < 10\%$$

Neste caso a soma das entradas corresponde à soma dos consumos mensais totalizados nos contadores CT30, CT31, CT32 e SI4, subtraídos do consumo totalizado no contador CT38 (retorno de água às cisternas de armazenamento), e a soma das saídas corresponde à soma dos consumos totalizados para cada subsistema. Na Figura 7.13 e Figura 7.14 estão representados, respectivamente, dois fechos ao ciclo da água, um utilizando como saídas os dados de base dos “Contadores” e outro como saídas os dados de base das “Utilidades”.

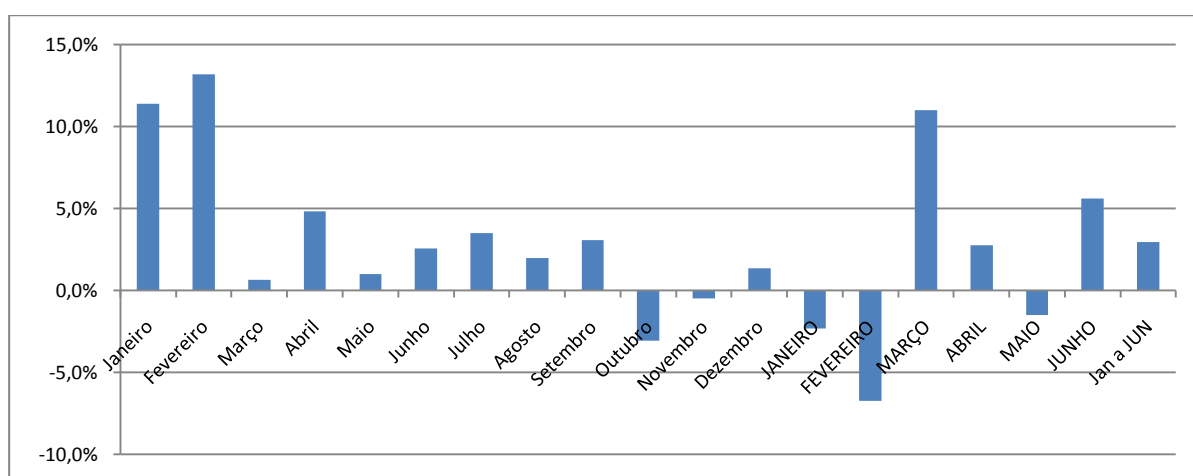


Figura 7.13 – Balanço ao fecho do ciclo da água no circuito de distribuição geral (base de dados “Contadores”)

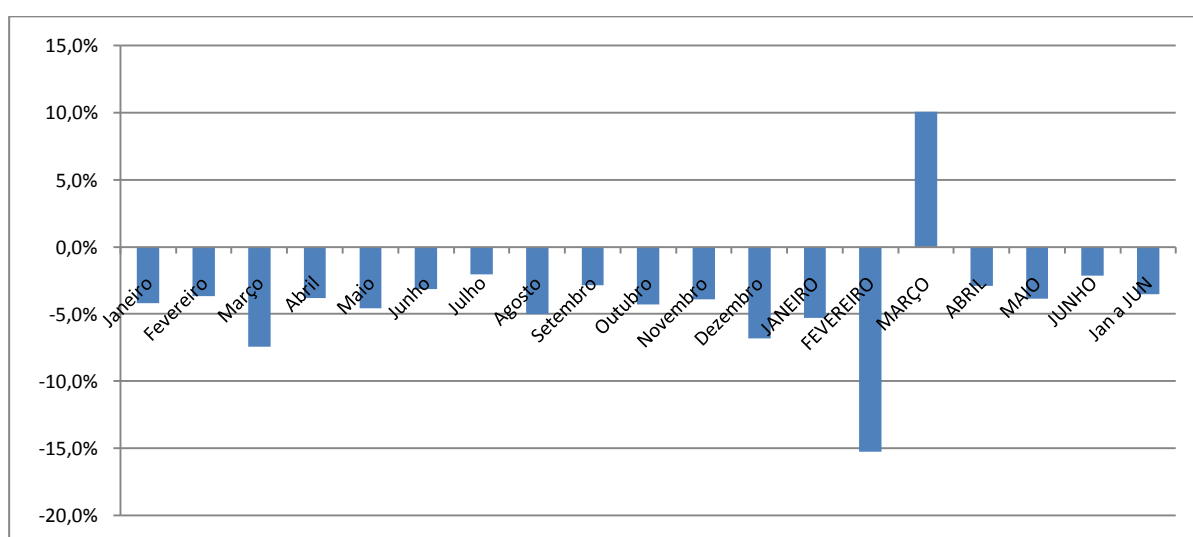


Figura 7.14 - Balanço ao fecho do ciclo da água no circuito de distribuição geral (base de dados “Utilidades”)

Analisando o primeiro gráfico (Figura 7.13), verifica-se a ocorrência pontual de balanço negativo, isto é, as saídas são superiores às entradas. Tratando-se de situações pontuais, este balanço negativo poderá estar associado à metodologia de registo das leituras dos contadores, que não sendo simultânea em todos os contadores, introduz erros. Por exemplo, sendo efectuada a primeira leitura em contadores de fim de circuito (os de entrada nos subsistemas) e passado algum tempo (o necessário para uma pessoa se deslocar de um contador até outro) em contadores de início do circuito (saídas das cisternas), significa que nesse espaço de tempo (uma vez que a operação da unidade industrial é feita em contínuo, 24h sobre 24h) está a ser contabilizado fluxo nos contadores iniciais, com um caudal elevado, que já não será contabilizado nos contadores finais. Este erro será tanto maior quanto maior for o espaço de tempo entre as leituras e o caudal máximo das tubagens onde se encontram os contadores. Por outro lado, utilizando sempre a mesma metodologia e sequência de leitura dos contadores, aumentando o passo temporal do balanço verifica-se uma diluição deste erro, sendo o valor de 2,9% no balanço entre Janeiro de 2008 e Junho de 2009 (Figura 7.13) coerente com esta teoria.

Balanceando da mesma forma o circuito da água captada dos furos, desde a sua captação nos furos até ao seu envio para armazenamento nas cisternas após tratamento, verificamos a ocorrência do mesmo tipo de erro.

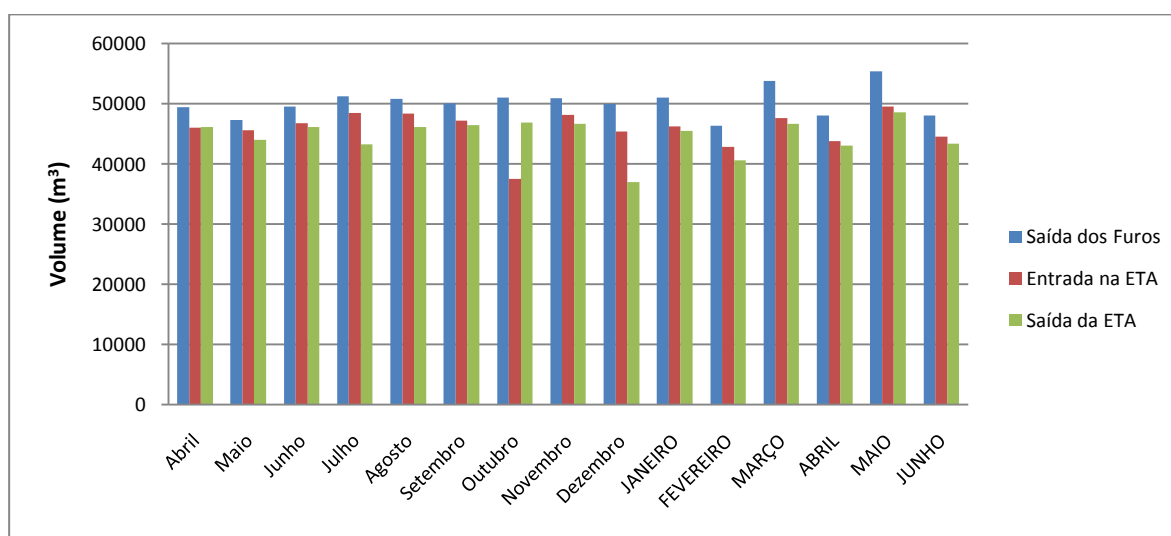


Figura 7.15 – Balanço ao circuito de distribuição de água dos furos até ao seu armazenamento

Embora se verifique em todos os meses um decréscimo de volume entre a saída dos furos e a saída da ETA (Figura 7.15), sugerindo a existência de perdas no circuito, verifica-se que a diferença entre o volume à entrada e à saída da ETA é menor, existindo inclusivamente no mês de Outubro de 2008 um volume superior de saída da ETA comparativamente ao da entrada, que se deverá a um erro de leitura. Esta menor diferença poderá ser explicada pelo facto de os contadores de entrada e saída da ETA estarem espacialmente mais próximos do que os de saída dos furos, que estão distribuídos espacialmente pelos quatro cantos da unidade industrial. Este facto limita as conclusões de existência, ou não, de perdas de água ao longo deste circuito. Na Figura 7.15, foram

desconsiderados os resultados dos meses de Janeiro a Março devido à inexistência de registo do contador CTA nos dois primeiros, e a um valor incoerente com os restantes no mês de Março (Anexos, Quadro A.3).

Outro objecto alvo de interesse para a realização deste tipo de balanço seria o conjunto de cisternas de armazenamento de água, como sendo os primeiros receptores das entradas de água no “universo de estudo”. No entanto, a falta de registos das suas respectivas variações de armazenamento limita a obtenção de qualquer conclusão útil acerca desse possível balanço. Nesta situação encontra-se igualmente o circuito de água quente. Este circuito apresenta apenas contadores (sem histórico de registos) à entrada do circuito, isto é, à entrada dos permutadores de calor de arrefecimento do Mosto. No entanto não existe mais nenhum contador útil ao longo do circuito ou registo da variação de armazenamento dos tanques de armazenamento de água quente.

O circuito de água recuperada, pela sua importância para um uso mais eficiente da água e pelas mais-valias associadas a essa eficiência, tem sido monitorizado e acompanhado pelos responsáveis da SCC. Os registos dos contadores parciais associados a este circuito, resultados desse acompanhamento, foram-nos gentilmente cedidos.

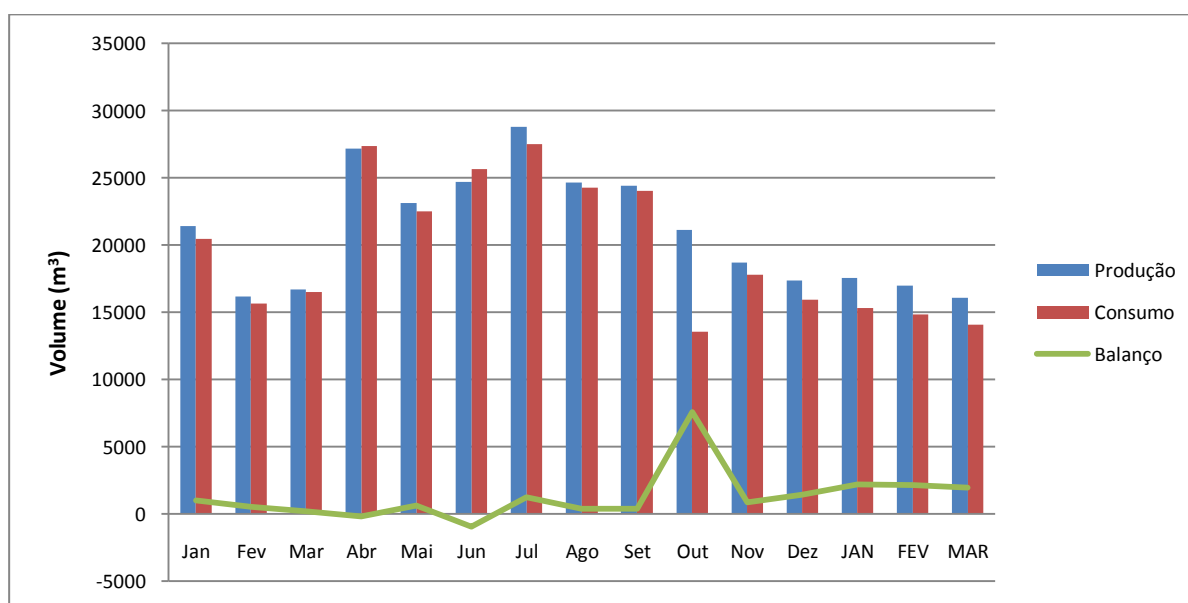


Figura 7.16 – Evolução do consumo e produção de água recuperada (Janeiro de 2008 a Março de 2009)

Analisando a Figura 7.16 verifica-se que o perfil tanto de consumo como de produção de água recuperada, acompanha o perfil de consumo de água não recuperada, apresentando um pico em Julho de 2008 com uma tendência decrescente a partir desse pico. Constata-se também que apenas em dois meses (Abril e Junho de 2008) o consumo de água recuperada superou a sua produção, correspondendo a um balanço negativo.

Depois de uma abordagem geral e análise do perfil de consumo de água do universo de estudo, foi efectuada uma análise mais detalhada ao sistema “Produção”, ao nível dos consumidores finais.

7.4.1 Malteria

Partindo do perfil de consumo geral deste subsistema, verifica-se a existência de alguma regularidade no seu consumo, apresentando um pico máximo em Janeiro (tanto em 2008 como em 2009) e um pico mínimo em Agosto de 2008 e Junho de 2009. Este pico mínimo corresponde à paragem de actividade deste subsistema. Todos os restantes meses apresentam um consumo relativamente constante. Este facto deve-se à natureza dos processos e operações de produção de Malte. Como referido no Quadro 7.1 do subcapítulo 7.1, o processo de Maltagem subdivide-se em três sub-processos: molha, germinação e secagem. Estes processos são realizados em contínuo (com excepção de uma eventual paragem anual programada) e com uma periodicidade diária. Destes três sub-processos, apenas na secagem não se verifica consumo de água, existindo no entanto, no balanço do processo de Maltagem, uma saída de água em forma de vapor, para a atmosfera. Para além dos sub-processos de molha e germinação, existe consumo de água neste subsistema através de mangueiras e sanitários. Devido à sua baixa representatividade, comparativamente aos consumos na molha e germinação da cevada, estes dois últimos consumidores foram desprezados para efeitos de balanço.

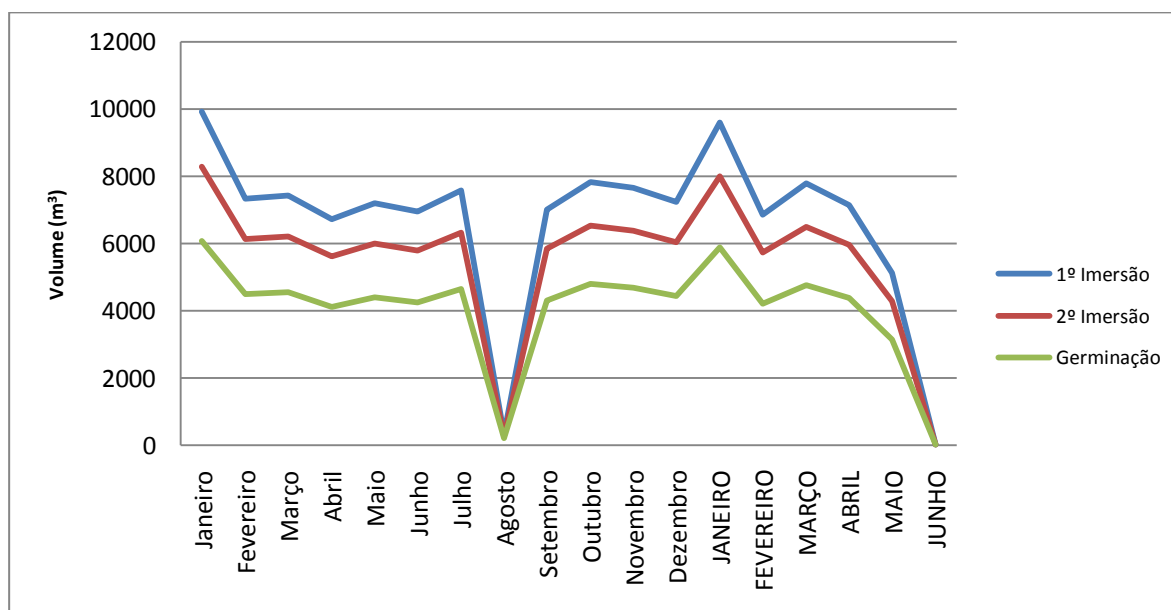
Sucintamente, o sub-processo de molha consiste na imersão da cevada em duas fases (duas imersões, intercaladas por um período a seco) com o objectivo de elevar o seu teor de humidade de 12%-14% para cerca de 41%. Este sub-processo serve ainda para “lavar” a cevada, removendo as suas impurezas. A água utilizada na primeira imersão é enviada para um tanque de controlo de caudal antes de ser enviada para a ETAR. A água utilizada na segunda imersão é recirculada com o objectivo de facilitar o transporte da cevada, por meio de tubagens, das tinas de molha (duas) para a respectiva caixa de germinação, sendo de seguida toda esta água enviada para a ETAR. Durante a germinação (com uma duração de cerca de cinco dias) são efectuadas, numa primeira fase, regas para elevar o seu teor de humidade para os 44%, sendo a partir daí efectuadas pulverizações de água regulares e controladas de forma a manter este teor de humidade. Este sub-processo é realizado em ambiente climatizado (a frio). Entre cada ciclo de germinação são efectuadas lavagens às respectivas caixas de germinação (cinco, no total), manualmente por meio de mangueiras. Das caixas de germinação, a cevada é enviada para as estufas, onde o seu teor de humidade é reduzido para 4%. Os valores de teor de humidade indicados são valores médios, dependendo do tipo de malte produzido.

Com base no trabalho realizado em 2008 na Malteria da SCC, (Tavares, J. *et al*, 2008) e considerando esta constância no processo de Maltagem, efectuou-se uma estimativa do consumo mensal para estes consumidores. No Quadro 7.3 apresentam-se os resultados desse trabalho, onde foram determinadas as percentagens (em relação ao volume total do subsistema contabilizado pelo contador CT36) de consumo diário de cada sub-processo para o mês de Junho com base no acompanhamento diário de todo o processo e registos de leituras de contadores parciais. Foram igualmente estimados os volumes de saída deste subsistema.

Quadro 7.3 - Balanço de água médio diário do mês de Junho, com indicação do volume total médio diário, percentagem do volume médio diário por contador, percentagens do volume total e por contador para cada actividade, percentagens e volumes estimados para cada processo e volumes estimados sem perdas à saída (*fonte: Tavares, J. et al, 2008*)

ENTRADAS											SAÍDAS	
	V (m³)				V (%)	V (m³)	V calc. (%)	V rc (%)	V est. (%)	V est. (m³)		V (m³)
G e r a l	581,1	MOLHA	1ª Imersão	Enchimento das tinas c/ água + cevada	13,1	76,2	9,8	100	13,1	76,2	C i s t e r n a / E T A R	528,4
				Enchimento das tinas c/ água + cal	61,9	359,4	24,2	36,8	22,8	132,3		
				Ajuste do Volume de água			5,3	8,1	5,0	29,0		
				Remoção da palha			15,3	23,3	14,4	83,9		
			2ª Imersão	Enchimento das tinas			20,8	31,8	19,6	114,2		
				"Lavagem" das tinas								
		G E R M I N A C A O	Regas	11,6	67,2	2,7	20,8	2,4	14,0			
						Lavagens	10,2	79,2	9,2	53,2		
				Pulverização	13,5	78,3	11,7	100,0	13,5	78,3		
		SECAGEM								Atmosfera		

Extrapolando as percentagens de volume médio diário estimado para cada consumidor apresentadas no Quadro 7.3 (coluna "V_{estimado} (%)") para o volume médio mensal e aplicando-as aos dados de consumo mensal da "Malteria", obtemos o perfil de consumo ilustrado na Figura 7.17.

**Figura 7.17** – Perfil de consumo de água da Malteria por consumidores finais

Para a avaliação do uso eficiente da água, poderá ser utilizado como um KPI o rácio de volume de água consumida por massa de malte produzida (m³/t). No período de Janeiro de 2008 a Junho de 2009, o valor deste KPI é de 4,52 m³/t. Outro KPI geralmente utilizado é o volume de água consumida por volume de produto acabado, e que pode ser aplicado tanto ao nível global da unidade industrial como ao nível de operações ou conjuntos de operações. Para o subsistema "Malteria" a aplicação deste KPI não será totalmente adequada uma vez que o malte resultante deste processo

não contribui na sua totalidade para o produto final, sendo parte do malte comercializado externamente para outras entidades ou unidades industriais. Nesta situação específica, este rácio servirá apenas como indicador da contribuição do consumo de água neste subsistema para o total da unidade industrial e do nosso universo de estudo. O valor deste indicador é de 0,6 hl/hl (0,06 m³/hl), correspondente a uma produção total de 4875582 hl de cerveja, no período de Janeiro de 2008 a Junho de 2009. Este KPI será também abordado nos subsistemas seguintes e ao nível global da unidade industrial.

7.4.2 Brassagem

No subsistema “Brassagem” foram identificados seis grupos de operações consumidoras de água: Sanitários e Balneários, Mangueiras (utilizadas para lavagem de instalações), Refrigeração de Bombas Hidráulicas, CIP's (três unidades), Fabrico (inclui os sub-processos de Empastagem, Produção de Calda e Ebulição) e Arrefecimento do Mosto. Destes consumidores, foi possível determinar o consumo de água associado ao Fabrico através de um balanço às entradas e saídas de água ao longo deste processo. Neste balanço foram consideradas saídas de água de três formas: Mosto (produto intermédio, não acabado, com determinada percentagem de água), vaporização para a atmosfera a partir das caldeiras de ebulição e “dreches” (subproduto sólido da cevada e do milho utilizados na produção de Mosto, com determinado teor de humidade). Utilizando como base os dados relativos à quantidade de Mosto produzida, a sua densidade e percentagem de extracto em massa, o volume de “dreches” produzido e o seu teor de humidade e a percentagem estimada de evaporação das caldeiras de ebulição, facultados pela SCC, no período de Janeiro de 2008 a Junho de 2009, foi aplicada a seguinte fórmula de balanço, em volume, à água:

$$V_{in(água)} = \frac{\frac{m_V(m) \times V(m) \times 100}{\%P} - m_V(m) \times V(m)}{\rho_{(água)}} + \frac{V(d) \times TH(d)}{\rho_{(água)}} + \overline{T.Evap._c} \times V_{in(água)},$$

onde $V_{in(água)}$ é o volume de entrada de água, $m_V(m)$ é a massa volúmica do Mosto, $V(m)$ é o volume de Mosto, $\%P$ (grau plato) é massa de extracto por massa de mosto (g/100g), $\rho_{(água)}$ é a densidade da água, $V(d)$ é o volume de “dreches” produzido, $TH(d)$ é o teor de humidade de “dreches” e $\overline{T.Evap._c}$ é a taxa de evaporação média das caldeiras de ebulição. Os valores mensais de consumo de água para o processo de produção obtidos por esta fórmula, foram utilizados para comparação com o volume calculado com base nos registos dos “Contadores” para este processo. Esse volume corresponde à diferença entre os volumes contabilizados no contador CT25 e CT38. No entanto, esta diferença não inclui exclusivamente o volume utilizado no processo produtivo, uma vez que inclui também o fluxo de água quente, utilizado para o arrefecimento do mosto, que alimenta o respectivo circuito de distribuição que tem como consumidores finais, para além do processo de “Produção” de Mosto, duas CIP's do subsistema “Fermentação e Guarda”, uma CIP do subsistema “Filtração” e as três CIP's do subsistema “Brassagem”. Assumindo a estanquidade nos circuitos de distribuição de água, a diferença entre os valores de consumo para a “Produção”, obtidos através da fórmula supracitada e

dos “Contadores”, corresponderá ao fluxo de água quente para o conjunto das CIP’s enunciadas, isto é, o fluxo de alimentação do circuito de distribuição de água quente. Na Figura 7.18 é apresentada a evolução, em termos de volume mensal, de cada um destes fluxos. Devido ao facto do grupo de operações de consumo “Mangueiras” ser alimentado por três fluxos diferentes (provenientes dos contadores CT23, CT12 e CT11-CT59-CT62) que alimentam, cada um deles, outras operações, não foi possível individualizar o seu respectivo consumo. Para além do grupo “Mangueiras”, o contador CT23 serve os grupos “Refrigeração de Bombas Hidráulicas” e “Sanitários e Balneários”, o contador CT12 serve uma CIP (CIP “Sala 3”) e o fluxo correspondente à diferença entre o contador CT11 e a soma dos contadores CT59 e CT62 serve outras duas CIP’s (CIP “Sala 1 e 2” e CIP “Mosto”). Na Figura 7.18 está representada a evolução dos fluxos para os respectivos consumidores finais e na Figura 7.19 estão representados os fluxos de saída.

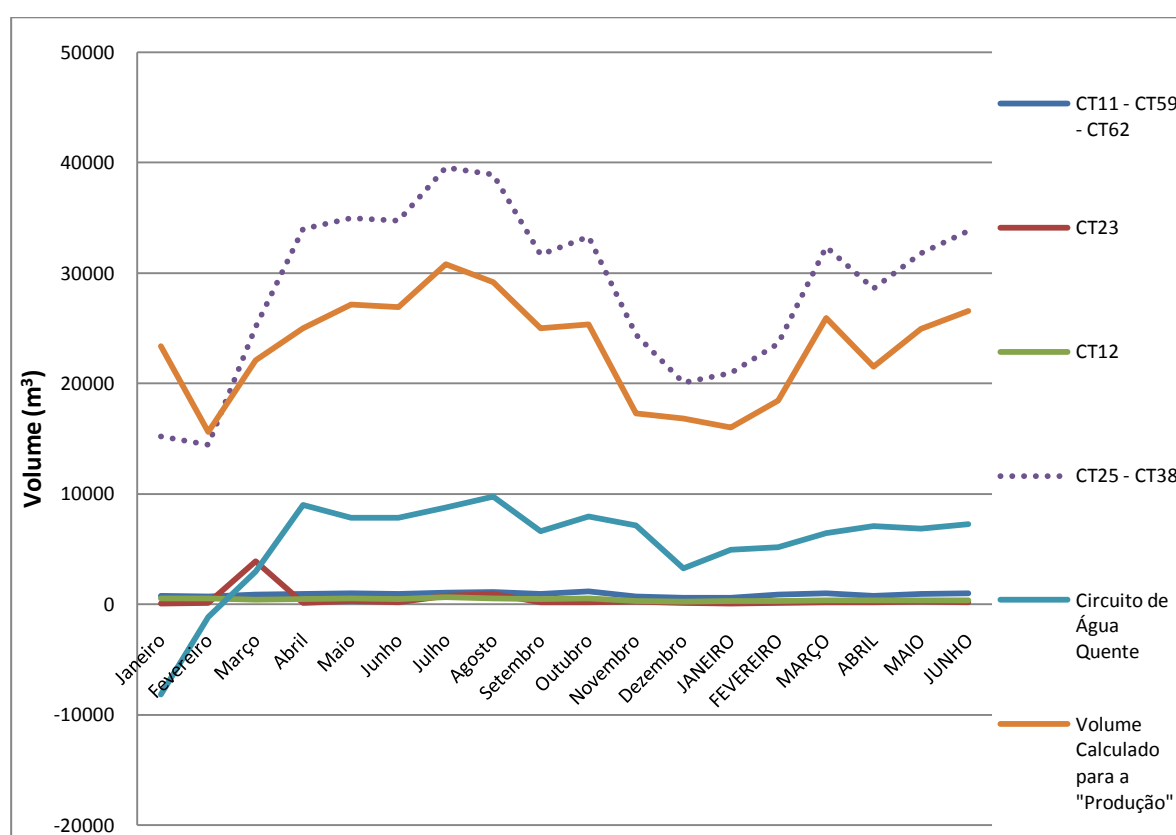


Figura 7.18 – Perfis de consumo de água associados ao subsistema “Brassagem” (Janeiro de 2008 a Junho de 2009)

Analisando a Figura 7.18 verifica-se um registo negativo da diferença entre o fluxo de água do contador CT25 – CT38 e o fluxo estimado de água para o processo de “Produção”, no meses de Janeiro e Fevereiro de 2008. Esta situação pode indicar um balanço negativo do circuito de água quente, isto é, poderá ter sido utilizada água quente previamente armazenada nos respectivos tanques de armazenamento, tendo então sido utilizada mais água no processo de “Produção” do que aquela contabilizada pela diferença dos contadores CT25 – CT38. O fluxo indicado na figura como “Circuito de Água Quente” corresponde ao fluxo de alimentação do circuito de água quente, que nestes dois meses corresponderá a um fluxo de saída deste circuito. A inexistência de registos da

variação de armazenamento não permite validar esta suposição. Dentro desta análise verifica-se ainda um pico de consumo fora do normal no contador CT23. Esta situação anómala poderá estar relacionada com uma utilização inadequada ou excepcional de mangueiras para operações de lavagens de instalações ou outras semelhantes.

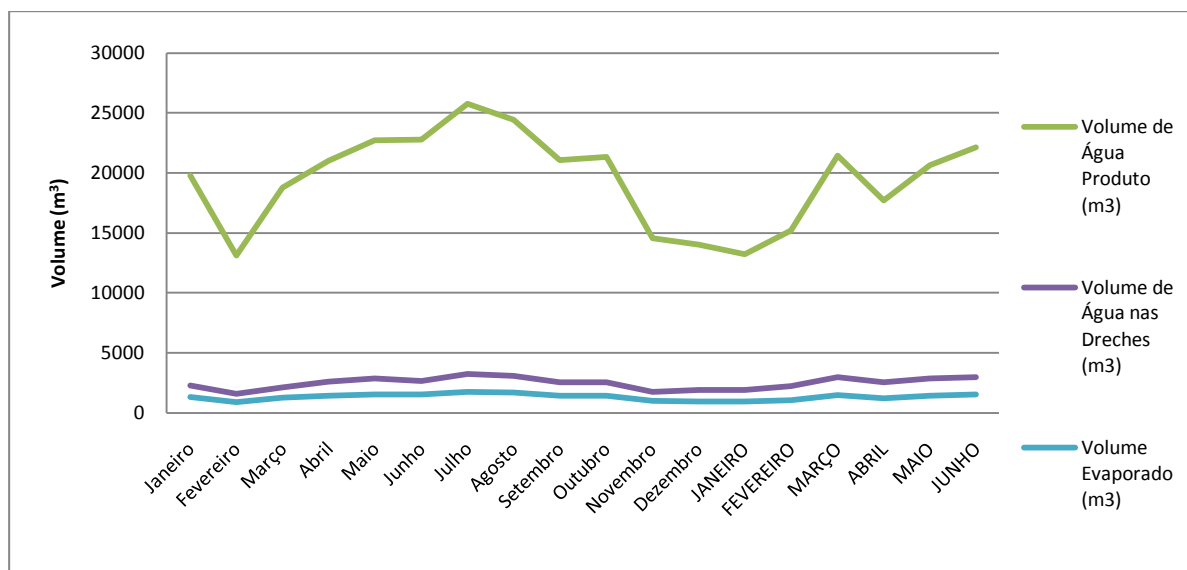


Figura 7.19 – Evolução dos fluxos de saída de água do processo de “Produção” (Janeiro de 2008 a Junho de 2009)

Analisando a Figura 7.19 verifica-se que o fluxo de saída mais significativo, em termos de volume, é o de água incorporada no “Produto”. Na perspectiva de uma estratégia de gestão da água, esta situação impõe alguns limites no potencial de melhoria do uso eficiente da água deste subsistema, uma vez que o consumo associado a este fluxo é intrínseco do processo produtivo e medidas de optimização deste consumo exigiriam alterações no processo de elevada complexidade. Outro aspecto importante é a impossibilidade de estimar o fluxo de saída deste subsistema para a ETAR devido à existência de duas incógnitas na equação do balanço: o volume de saída para a ETAR (com várias componentes) e a variação de armazenamento de água quente (com várias componentes inter-relacionadas com outros fluxos).

Tendo este subsistema como principal função a produção de mosto, será de grande utilidade na avaliação do uso eficiente da água o rácio de volume de água consumida por volume de mosto produzido. No período em estudo (Janeiro de 2008 a Junho de 2009), este KPI tem um valor de 1,42 hl/hl (0,14 m³/hl). Numa perspectiva de implementação de medidas de melhoria do uso eficiente da água é igualmente útil efectuar-se a separação entre a água de produto e a água utilizada como utilidade, sendo esta última o principal alvo de redução. Neste sentido, no período em estudo, foram consumidos 0,52 hl de água por cada hl de mosto produzido. O consumo total de água deste subsistema por produto acabado cifra-se nos 1,13 hl/hl (0,11 m³/hl).

7.4.3 Fermentação e Guarda

Neste subsistema, ao invés do anterior, muitos dos grupos de operações consumidoras de água tem fluxos de individualizados e medidos. É o caso da “CIP 98” (contador CT58), “CIP Foster’s”

(contador CT59), “CIP Baixadas” (contador CT62), “CIP Filtração” (contador CT41) e “Centrifuga” (contador CT70). Nos casos da “CIP Filtração” e “Centrifuga”, apesar de apresentarem aqui fluxos individualizados medidos, utilizam também fluxos associados a outro subsistema (“Filtração”) pelo que estes fluxos não representam a totalidade do consumo destas operações. O grupo de operações com consumo de água “Mangueiras (lavagem de instalações)” é servido por dois fluxos associados a este subsistema, um quantificado (contador CT15 – CT26) e outro não. Os restantes grupos de operações (“Trasfega de Cerveja”, “Mangueiras (lavagem de adegas e equipamentos)” e “Recuperação de leveduras”) não dispõem dos seus fluxos quantificados individualmente.

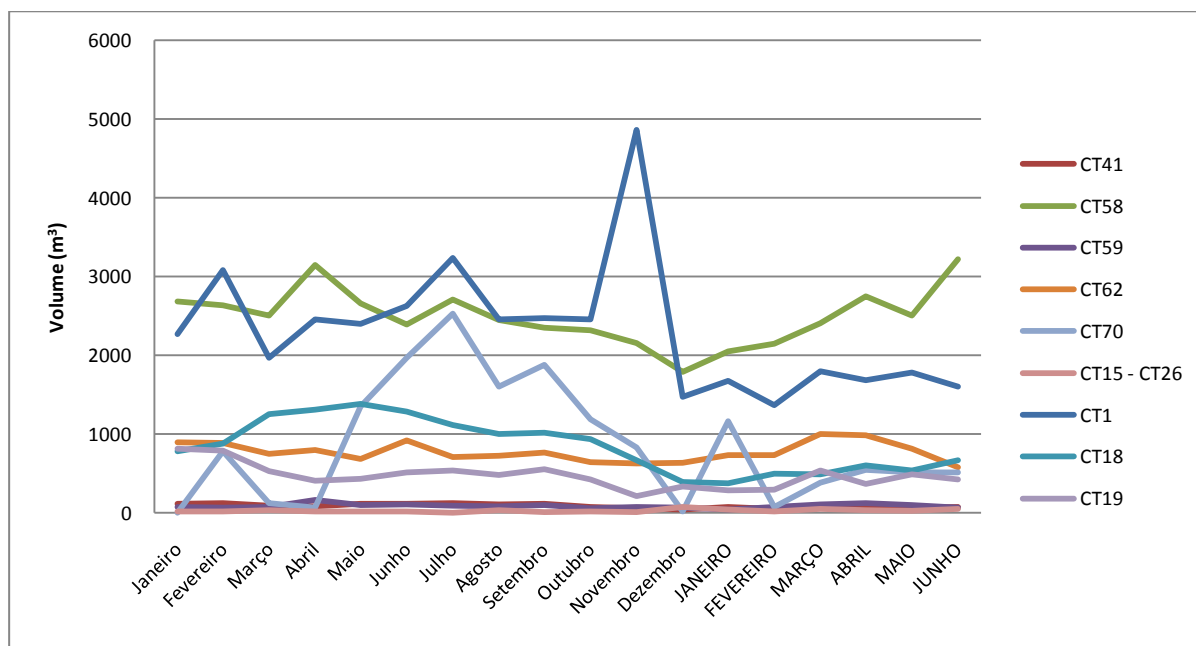


Figura 7.20 – Perfil de consumo de água do subsistema “Fermentação e Guarda”, por contador associado

Observando o perfil de consumo do subsistema “Fermentação e Guarda” (Figura 7.20), destacam-se a irregularidade e heterogeneidade dos perfis de consumo e o elevado consumo associado aos grupos de operações “Trasfega de Cerveja”, “Mangueiras (lavagem de adegas e equipamentos)” e “Recuperação de leveduras”. Estas duas situações demonstram, por um lado alguma independência das operações associadas em relação ao processo de produção propriamente dito, por outro a vulnerabilidade destas operações a práticas operacionais menos eficientes, numa perspectiva de gestão da água.

Neste subsistema são considerados dois KPI: consumo de água por volume de cerveja maturada e consumo de água por volume de produto acabado. Os seus valores para o período em estudo são de 0,36 hl/hl e 0,29 hl/hl (0,03 m³/hl) respectivamente.

7.4.4 Filtração

Neste subsistema existem quatro fluxos de água de entrada, três deles associados aos contadores CT3, CT17 e CT54 - CT56, e um não medido (água do circuito de distribuição de água

quente). No entanto, nenhum destes fluxos permite quantificar o fluxo específico para os grupos de operações consumidoras de água, identificados no subcapítulo 7.1 (Quadro 7.1). Recorrendo aos dados de saídas de volume de cerveja dos subsistemas “Fermentação e Guarda” e “Filtração” e das quebras (perdas) de volume de cerveja no subsistema “Filtração”, cedidos gentilmente pelos responsáveis da SCC, foi possível calcular o volume de água incorporado no produto na operação de diluição. Assim, verificou-se que os fluxos dos contadores CT3 e CT17 servem os grupos de operações de consumo de água “Trasfega de Cerveja”, “Mangueiras (lavagem de equipamentos)”, “Mangueiras (lavagem de instalações)”, “Outros”, “Sanitários e Balneários” e “CIP’s” (CIP “TCF’s” e CIP “Filtração”). O fluxo dos contadores CT54 – CT56 serve os grupos “Incorporação no Produto”, “Centrifuga” e “Trasfega de Cerveja”. Deste, foi então individualizado o consumo associado à operação “Incorporação do Produto”. Na Figura 7.21 é apresentado o perfil de consumo deste subsistema por fluxo, no período de Janeiro de 2008 a Junho de 2009.

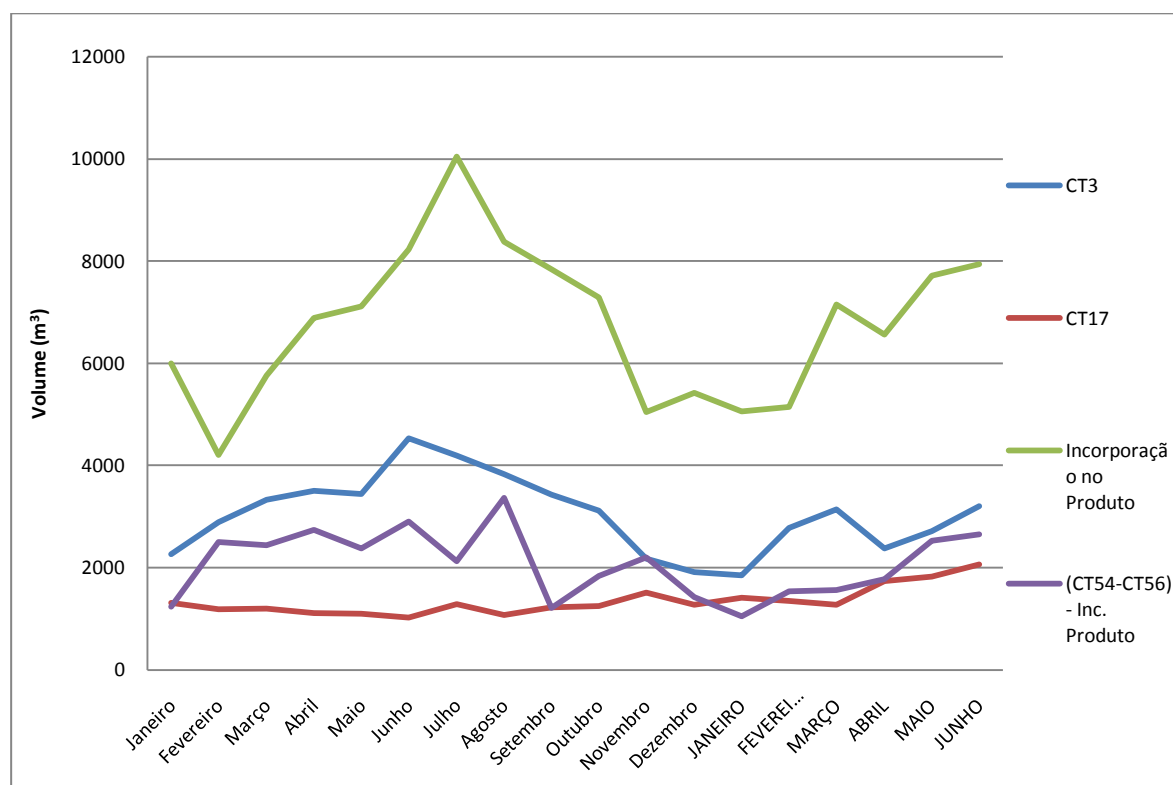


Figura 7.21 – Evolução dos fluxos de entrada de água mensais no subsistema “Filtração” (Janeiro de 2008 a Junho de 2009)

À semelhança de outros fluxos de outros subsistemas, verifica-se na Figura 7.21 um perfil de consumo do processo “Incorporação no Produto” idêntico ao perfil de consumo geral da unidade industrial, apresentando um pico mínimo em Fevereiro de 2008 e um pico máximo em Julho 2008, seguida de nova descida até Janeiro e Fevereiro de 2009 e subida daí a Junho do mesmo ano. Este perfil é um denominador comum nos fluxos intervenientes directamente no processo de produção, o que indicia (os dados disponíveis não permitem uma afirmação estatisticamente sustentada) a existência de uma sazonalidade no consumo de água, relacionada com a sazonalidade a que o consumo do bem produzido nesta unidade industrial está sujeito. Os restantes fluxos identificados

neste subsistema não demonstram tão claramente este perfil de consumo aparentemente sazonal, o que sugere uma maior independência do processo de produção e por isso maior potencial de optimização do seu uso. Por outro lado, o facto de estes fluxos estarem associados a múltiplos consumidores poderá mascarar tendências de consumo específicas não detectadas desta forma.

A análise de utilização da água deverá ser distinta entre a água utilizada para incorporação no produto e a água utilizada como utilidade. Assim, são considerados três KPI neste subsistema: volume de água consumida como utilidade por volume de cerveja filtrada, volume total de água consumida por volume de cerveja filtrada e consumo total de água por volume de produto acabado. Os seus valores são de 0,23 hl/hl, 0,48 hl/hl e 0,49 hl/hl (0,05 m³/hl). A diferença entre os dois últimos KPI deve-se às perdas de cerveja nos subsistemas “Enchimento de Garrafas e Latas”, “Enchimento de Barris” e “Refrigerantes”, levando à diminuição do denominador do segundo KPI em relação ao primeiro (i.e., o volume de cerveja filtrada é superior ao volume de cerveja final produzida).

7.4.5 Enchimento de Garrafas e Latas

Este subsistema será um dos mais complexos, em termos de gestão da água, do universo de estudo. Tanto pelo elevado consumo como pelo número e complexidade das operações associadas. Foram identificados 11 grupos de operações consumidoras de água, que poderiam ser igualmente agrupadas em 14 ou mais grupos (caso se optasse por se fazer uma divisão pelas linhas, seis, de enchimento). Dos quatro principais fluxos de entrada neste subsistema (provenientes do circuito geral de distribuição de água), apenas dois são medidos individualmente, um é contabilizado no consumo total do subsistema e outro não é medido. O fluxo contabilizado no consumo geral do subsistema mas não contabilizado individualmente corresponde ao fluxo de água descalcificada (proveniente do CT24, Figura 7.2). O fluxo não contabilizado corresponde a um fluxo proveniente do fluxo CT31+CT32 que serve alguns consumidores das linhas 1 e 4 (bomba de vácuo da enchedora da linha 1, lubrificação dos tapetes transportadores da linha 1, CIP das linhas 1 e 4, mangueiras para lavagem de instalações, lavatórios e lava-olhos). Alguns dos grupos consumidores apresentam contadores parciais específicos, que permitem determinar o seu consumo, e outros utilizam fluxos de água de qualidade distinta para o mesmo fim.

Dos 11 grupos de operações consumidoras de água foi então possível quantificar os fluxos que servem os grupos “Pasteurizadores de Túnel” (apenas até Março de 2009), “Bombas de Vácuo das Enchedoras”, “Lavadoras de Garrafas Retornáveis” e “Esguichos” (lubrificação dos tapetes transportadores de garrafas). Para o efeito foram utilizados dados complementares aos registos dos contadores gerais. Para a determinação dos consumos associados ao grupo “Esguichos”, foi disponibilizado (pela empresa responsável pela manutenção do sistema de lubrificação dos tapetes transportadores) o consumo médio estimado de água por hora de operação por cada linha de enchimento (linhas do “Enchimento de Garrafas e Latas”, “Refrigerantes” e “Enchimento de Barris”), calculado com base no número de “esguichos” (aspersores) existentes em cada linha e o respectivo caudal nominal (que não é igual para todos os “esguichos”), sendo o seu consumo associado obtido através da multiplicação destes dados pelo número de horas de operação mensal de cada linha

(informações disponibilizadas pela SCC). O consumo associado às bombas de vácuo foi obtido igualmente a partir do número de horas de operação de cada linha por um índice de consumo por horário. Estes índices, para cada linha, são resultado de um trabalho desenvolvido pelos responsáveis da SCC no sentido de detectarem oportunidades de melhoria do uso eficiente de água, que nos foi cedido no âmbito deste trabalho. Os resultados de consumo dos “Pasteurizadores de Túnel” e das “Lavadoras de Garrafas Retornáveis” foram obtidos a partir de registos de contadores parciais específicos, disponibilizados pelos responsáveis da secção.

Os seus perfis de consumo são apresentados na Figura 7.22.

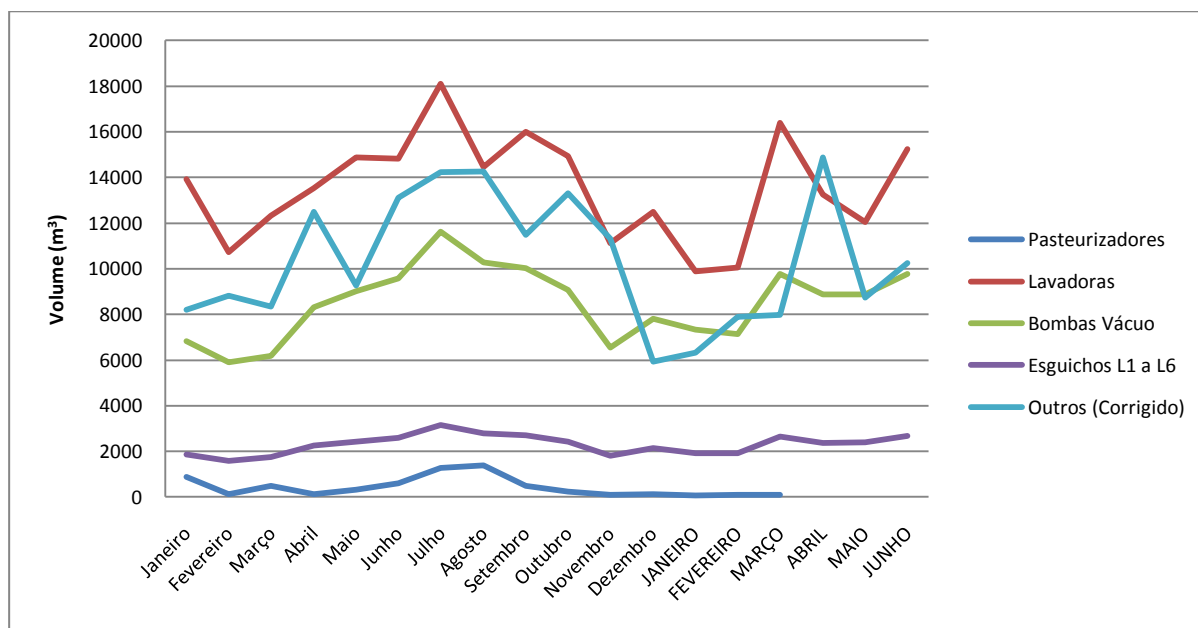


Figura 7.22 – Perfis de consumo dos principais utilizadores finais de água (Janeiro de 2008 a Junho de 2009)

Sendo que alguns dos consumidores individuais associados ao fluxo de entrada neste subsistema têm o seu perfil de consumo identificado nos dados auxiliares utilizados na elaboração da Figura 7.22 (bomba de vácuo da linha 1 e esguichos para lubrificação dos tapetes transportadores da linha 1), é então possível a correcção do volume de consumo mensal total do subsistema “Enchimento de Garrafas e Latas”. Assim, no gráfico da Figura 7.22, a série “Outros (Corrigido)” corresponde à diferença entre o volume total de consumo do subsistema “Enchimento de Garrafas e Latas” corrigido (soma do volume total considerado no início do subcapítulo 7.4 e do consumo associado à bomba de vácuo e esguichos para lubrificação dos tapetes transportadores da linha 1) e a soma dos consumos associados aos grupos “Pasteurizadores de Túnel”, “Lavadoras de Garrafas”, “Bombas de Vácuo” e “Esguichos”.

Esta correcção do volume total de consumo associado ao subsistema “Enchimento de Garrafas e Latas” será considerado no balanço global do universo de estudo, apresentado adiante neste capítulo.

Neste subsistema, para além do volume de água consumida por volume de produto acabado e por volume de cerveja enchido, é também considerado como KPI o volume de água consumida por hora de operação. Os respectivos valores são de 1,24 hl/hl (0,12 m³/hl), 1,62 hl/hl e 12,51 m³/h.

7.4.6 Enchimento de Barris

Para além dos fluxos gerais de água de entrada medidos pelos respectivos contadores, conforme ilustrado na Figura 7.2, existe um contador parcial específico para a CIP (CIP “Barris”) que permite a determinação do seu consumo. Os seus registos foram gentilmente cedidos pelo responsável desta secção. À semelhança do subsistema “Enchimento de Garrafas e Latas”, o consumo dos “Esguichos” neste subsistema foi obtido a partir dos dados facultados pela empresa responsável pela manutenção do sistema de lubrificação de tapetes transportadores e pela SCC.

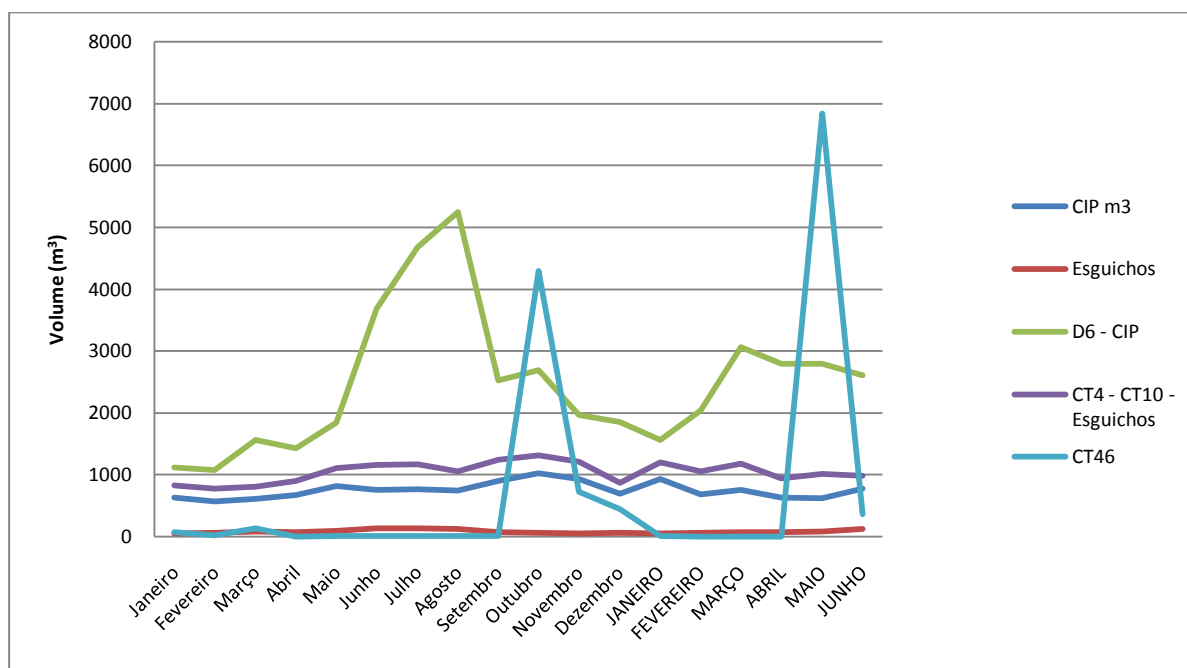


Figura 7.23 – Perfis de consumo de água no subsistema “Enchimento de Barris” (Janeiro de 2008 a Junho de 2009)

Dos resultados apresentados na Figura 7.23, sobressaem os picos de consumo associados ao contador CT46 (grupo “Mangueiras”, para lavagem de instalações e equipamentos), nos meses de Outubro de 2008 e Maio de 2009. Comparando com os registos das validações no campo, realizadas entre 22 de Abril e 13 de Maio de 2009, com os registos da base de dados dos contadores (SCC), verifica-se que o valor elevado verificado em Maio está associado a um erro de registo da leitura do contador (com acréscimo de duas casas decimais ao registo real), tendo sido este erro ignorado na elaboração dos registos dos consumos associados aos respectivos subsistemas na base de dados das Utilidades, onde se verifica igualmente este pico. Apesar da ausência de mais informação que

permita fazer o mesmo tipo de comparação para Outubro de 2008, assume-se, pela ordem de grandeza do valor, que este se deverá ao mesmo tipo de erro.

À semelhança do subsistema “Enchimento de Garrafas e Latas”, também aqui são considerados três KPI: volume de água consumida por volume de produto acabado (0,19 hl/hl ou 0,02 m³/hl), volume de água consumida por volume de cerveja cheio (1,29 hl/hl) e volume de água consumido por tempo de operação da linha de enchimento (26,41 m³/h).

7.4.7 Refrigerantes

Dos consumidores agrupados de acordo com o Quadro 7.1, foi possível quantificar o consumo de dois grupos de consumidores: “Incorporação no Produto” (Refrigerantes) e “Esguichos”. No caso do primeiro, a sua quantificação é directa através do contador geral CT56, no segundo foi utilizada a mesma base de dados e metodologias aplicados ao grupo de consumidores homónimos do subsistema “Enchimento de Garrafas e Latas”, sendo que devido a inconsistência/inexistência de dados entre os contadores do “Pasteurizador de Túnel” (de água recuperada e água recuperada + água “EPAL”), os mesmos não foram considerados. No caso da operação “Bomba de Vácuo”, foi efectuada uma estimativa utilizando-se um valor médio dos índices utilizados nas bombas de vácuo das linhas do subsistema “Enchimento de Garrafas e Latas”, por sua vez multiplicado pelas horas de operação.

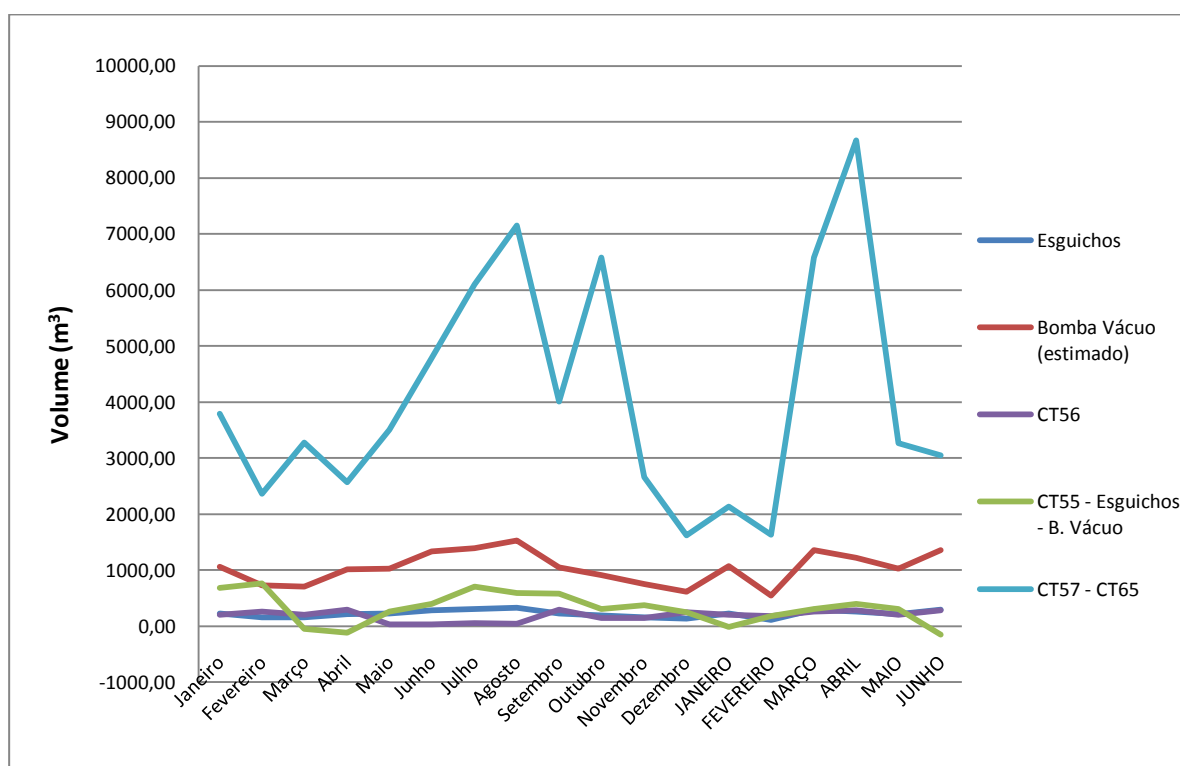


Figura 7.24 – Perfis de consumo de água do subsistema “Refrigerantes” (Janeiro de 2008 a Junho de 2009)

Da análise do gráfico da Figura 7.24 sobressaem dois aspectos: um relacionado com o registo negativo da diferença entre o contador geral CT55 e os valores estimados para dois dos seus grupos consumidores associados, outro com os picos de consumo do fluxo CT57 – CT65 nos meses de Agosto e Outubro de 2008 e de Março e Abril de 2009. O primeiro sugere a imprecisão das estimativas utilizadas no cálculo dos consumos específicos para os grupos “Bomba de Vácuo” e “Esguichos”, o segundo indicia um consumo desadequado de água “EPAL” no “Pasteurizador de Túnel” devido à sua ordem de grandeza do consumo, coerente com os consumos associados aos Pasteurizadores de Túnel de outros subsistemas.

Devido à dupla funcionalidade deste subsistema (enchimento de garrafas de cerveja e enchimento de barris de refrigerantes), vários KPI deverão ser considerados. Na impossibilidade de quantificar separadamente os consumos de água associados ao enchimento de cerveja e de refrigerantes, foram considerados os seguintes KPI:

- Volume total de água consumida por volume de produto acabado (0,22 hl/hl ou 0,02 m³/hl);
- Volume total de água consumida por volume de produto cheio, cerveja e refrigerantes (3,68 hl/hl);
- Volume de água consumida como utilidade por volume de produto cheio, cerveja e refrigerantes (3,56 hl/hl)
- Volume de água de produto consumida por volume de refrigerante cheio (1,7 hl/hl).

7.4.8 Balanço da água ao Universo de Estudo

Com uma visão mais aprofundada acerca dos consumidores finais e os seus perfis de consumo, fará sentido nesta fase regressar a uma visão mais global do universo de estudo. Assim, à semelhança do balanço de fecho do ciclo da água referente ao circuito de distribuição geral de água, foi efectuado o balanço de fecho referente ao universo de estudo.

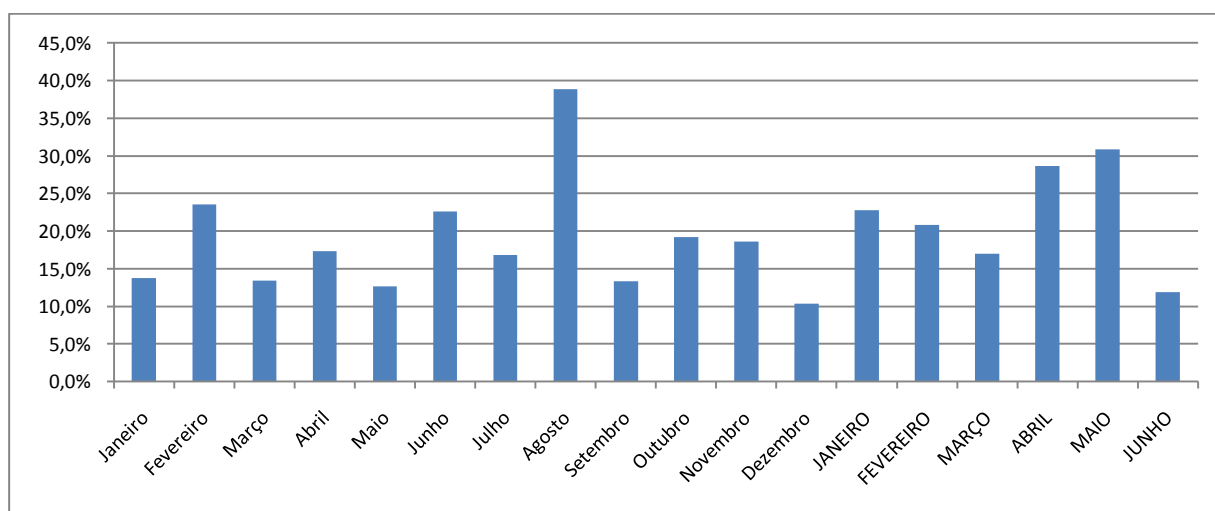


Figura 7.25 – Balanço ao fecho do ciclo da água na SCC

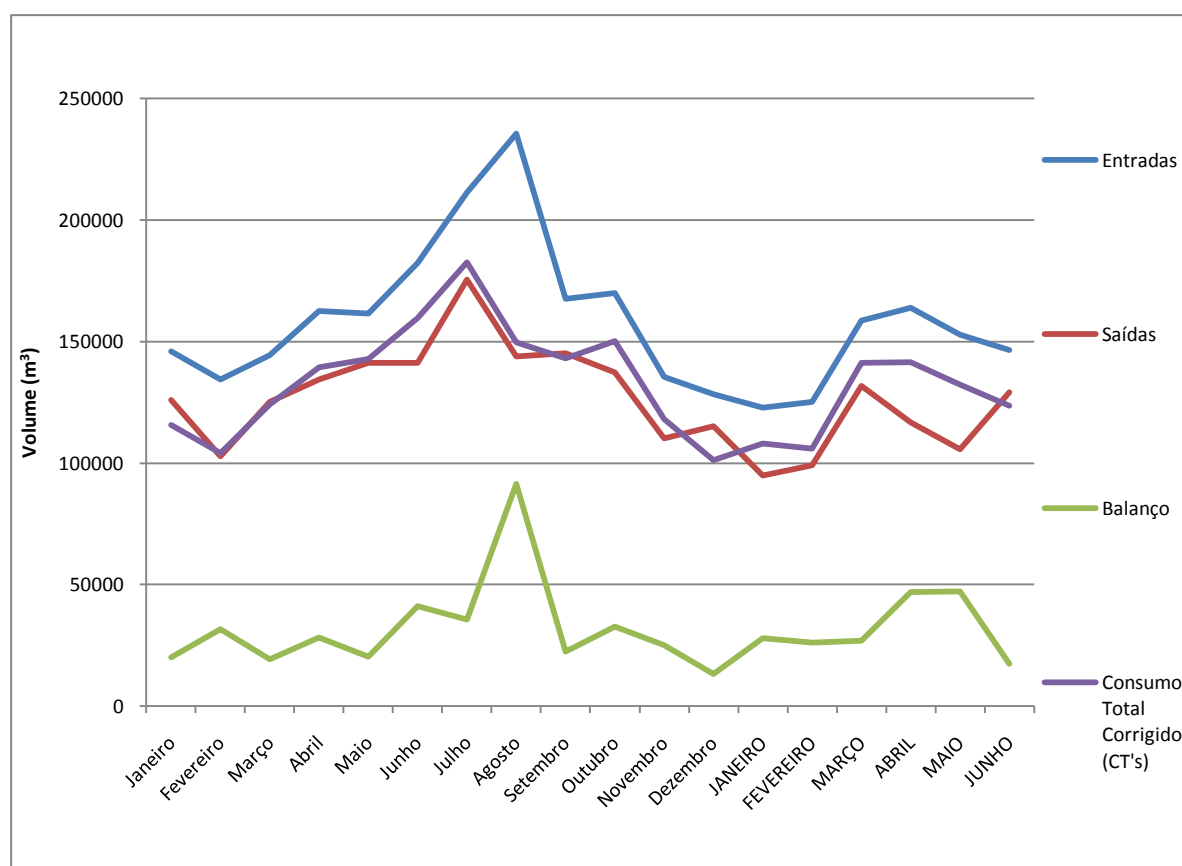


Figura 7.26 – Balanço ao ciclo da água na SCC e evolução do consumo (corrigido)

O gráfico da Figura 7.26 demonstra claramente a existência de perdas de água significativas ao longo do seu ciclo na SCC. O facto de as tendências das séries gráficas “Entradas” e “Consumo Total Corrigido (CT)” serem semelhantes e haver, ao longo do período em estudo, sempre uma diferença significativa entre eles, elimina a possibilidade de essa diferença se dever a variações de armazenamento. Sugerir que esta diferença se deva à variação de armazenamento seria o mesmo que sugerir que todos os meses se verificasse um aumento do volume armazenado em cerca de 20000 a 30000 m³, valores muito acima da capacidade de armazenamento real ao fim de um ano. Já a diferença entre o consumo e as saídas, poderá ter alguma influência do tempo de retenção dos efluentes na ETAR (principal destino/saída de água da SCC). Este tipo de análise faria todo o sentido, correspondendo ao balanço das águas residuais, mas não será abordada neste trabalho.

Com o intuito de avaliar o consumo de água desta unidade industrial ao longo do tempo, bem como de o comparar com outras unidades industriais semelhantes (“benchmarking”), são aqui considerados dois KPI: consumo de água total por volume de produto acabado e consumo de água total excepto do subsistema “Malteria” por volume de produto acabado. Esta diferenciação entre o consumo total de água da unidade industrial e o seu consumo excepto do subsistema “Malteria”, justifica-se pelo facto de nem todas as unidades industriais do sector dispõem deste subsistema, sendo que algumas adquirem já o produto transformado. Os seus respectivos valores são de 4,85 hl/hl (0,49 m³/hl) e 4,25 hl/hl (0,43 m³/hl).

7.5 Níveis de qualidade da água

Tendo em conta as origens, os tratamentos de afinamento da qualidade da água e os circuitos de reutilização/reciclagem de água, é possível identificar nove níveis de qualidade da água:

- Água “EPAL”: fornecida pela EPAL, com um nível de qualidade resultante da mistura dos fluxos de água das duas captações (Tejo e Alviela), o seu fluxo é contabilizado pelo contador CT30;
- Água “EPAL + Furos”: mistura dos fluxos de água dos Furos (após tratamento na ETA) com os fluxos de água da EPAL, sendo o seu fluxo contabilizado pelos contadores CT31+CT32;
- Água Descalcificada: fluxo resultante de água “EPAL+Furos” após tratamento de descalcificação, sofrendo de seguida diluição por mistura com a água “EPAL+Furos”, não tem o seu fluxo medido adequadamente (o seu fluxo para o subsistema “Enchimento de Barris” é medido pelo contador D6, mas não o é o fluxo para o subsistema “Enchimento de Garrafas e Latas”);
- Água do Permutador Iónico: fluxo de água “EPAL” que sofre tratamento de permuta iónica, contabilizado pelo contador CT56 e utilizado para incorporação no produto (refrigerantes);
- Água de Diluição: fluxo de água do Permutador Iónico, que sofre tratamentos de Desarejamento, Carbonatação, Filtração por cartucho e Desinfecção por UV, contabilizado pela diferença entre os contadores CT54 e CT56, utilizada na diluição de cerveja no subsistema “Filtração”;
- Água de Fabrico: fluxo de água de origem “EPAL”, após tratamento de arejamento e controle de pH, contabilizado pelo contador CT25, é utilizado no arrefecimento do mosto e para incorporação no produto no subsistema “Brassagem”;
- Água Quente: fluxo resultante de água de Fabrico após permuta de energia térmica para arrefecimento do mosto, não tem o seu fluxo medido, sendo utilizada para incorporação no produto no processo de Brassagem, nas CIP’s do subsistema “Brassagem” e nas CIP’s dos subsistemas “Filtração” e “Fermentação e Guarda” (“Baixadas” e “98”). Esta água é armazenada (não existindo registos da sua variação) após passagem nos permutadores de calor, sendo o seu excesso enviado para as cisternas de armazenamento de água “EPAL+Furos” (fluxo contabilizado pelo contador CT38);
- Água Recuperada: fluxo resultante da recuperação de água utilizada em diversos processos (identificados no subcapítulo 7.3) que sofre um primeiro tratamento de filtração por meio de areia, antes de ser armazenada, e um tratamento de desinfecção por U.V. antes da sua utilização. Os fluxos deste circuito paralelo são contabilizados por vários contadores parciais (Anexos, Quadro A.6 e Quadro A.7);
- Água Osmotizada: fluxo de água com origem nos efluentes tratados da ETAR, sofre um pré-tratamento de filtração por meio de areia, adsorção por carvão activado e uma microfiltração seguido de um tratamento por Osmose Inversa do qual o permeado resultante é enviado para uma cisterna de armazenamento, a partir da qual é distribuída pelos seus consumidores (subsistemas “Produção de Frio” e “Produção de Vapor”). Existem dois contadores para

medição dos fluxos deste circuito de distribuição, um á saída da O.I. e outro á saída da cisterna de armazenamento, não tendo sido possível recolher, no âmbito deste trabalho, registos de nenhum deles.

Tendo em conta as suas origens, tratamentos e destinos, estes níveis de qualidade da água podem ser hierarquizados de acordo com a Figura 7.27.



Figura 7.27 – Hierarquização dos níveis de qualidade da água

7.6 Diagramas de fluxo

Os digramas de fluxo pretendem ilustrar de forma simplificada e resumida os fluxos de água, facilitando a sua identificação, os seus níveis de qualidade e taxas de fluxo. A Figura 7.28 apresenta o diagrama de fluxo geral do universo de estudo.

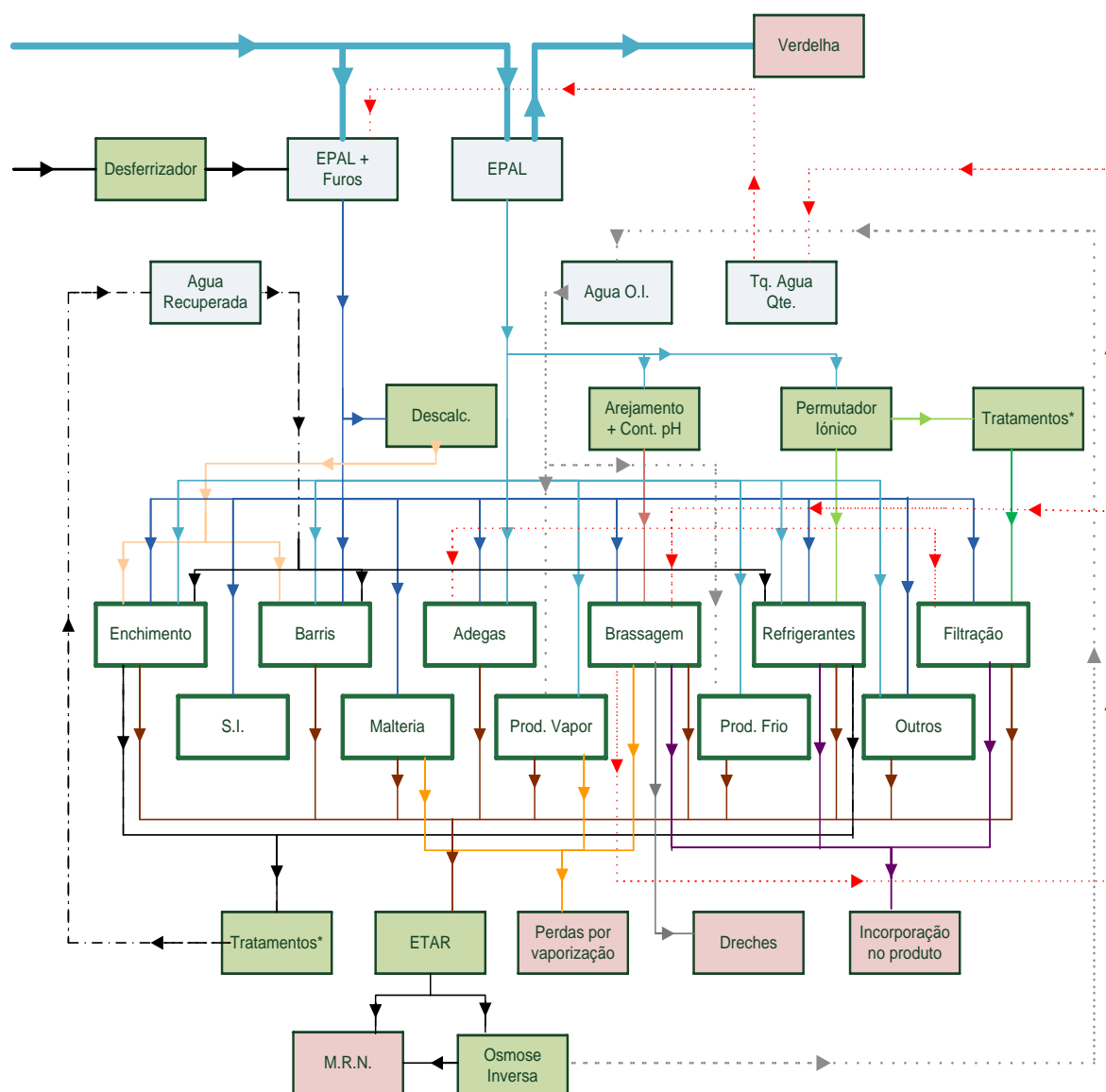


Figura 7.28 – Diagrama de fluxos geral da SCC

Neste diagrama da Figura 7.28, estão representados os subsistemas (caixas com preenchimento branco), as estruturas de armazenamento de água (blocos com preenchimento azul), as unidades de tratamento de água (blocos com preenchimento verde) e os destinos de saída de água identificados (blocos a cor-de-rosa). Os fluxos de água foram agrupados por cores: os de entrada, de acordo com os seus níveis de qualidade da água, e os de saída de acordo com o seu destino final.

Os diagramas específicos de cada área seguem a mesma lógica de representação dos seus fluxos associados, conforme ilustrado na Figura 7.29 a Figura 7.36.

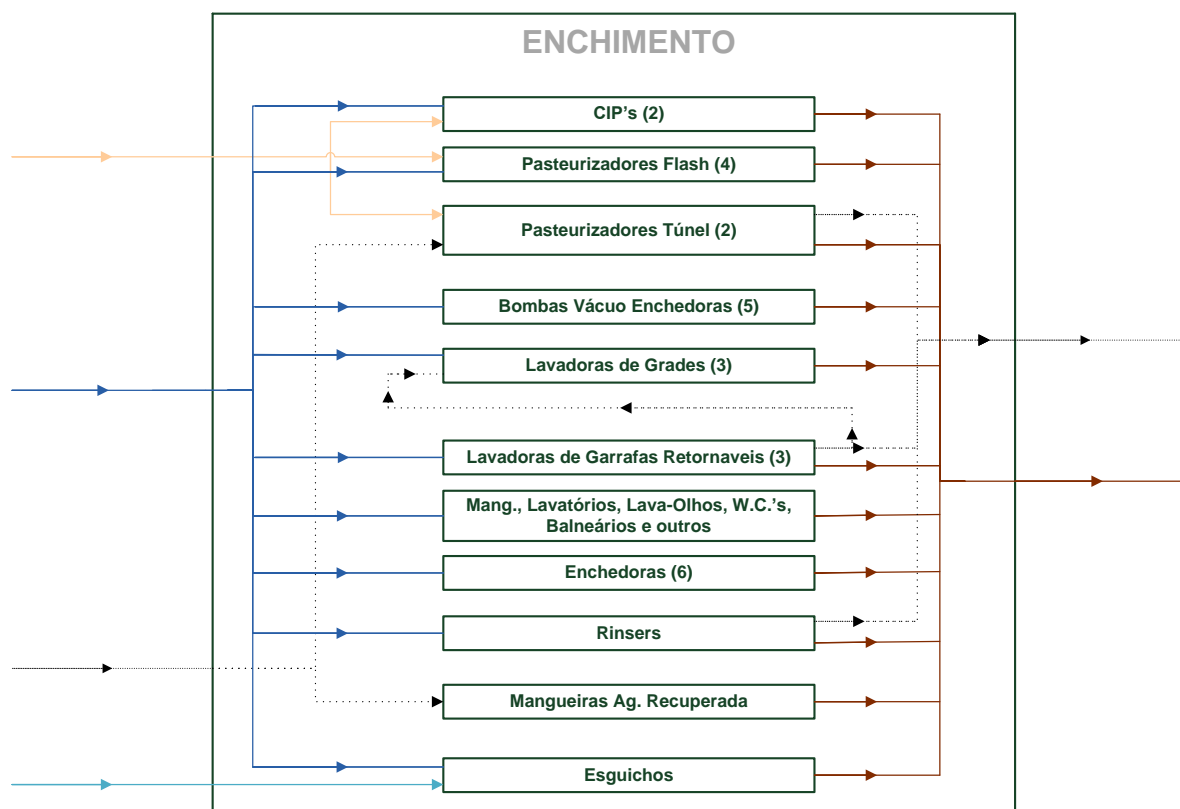


Figura 7.29 – Diagrama de fluxos do subsistema “Enchimento de Garrafas e Latas”

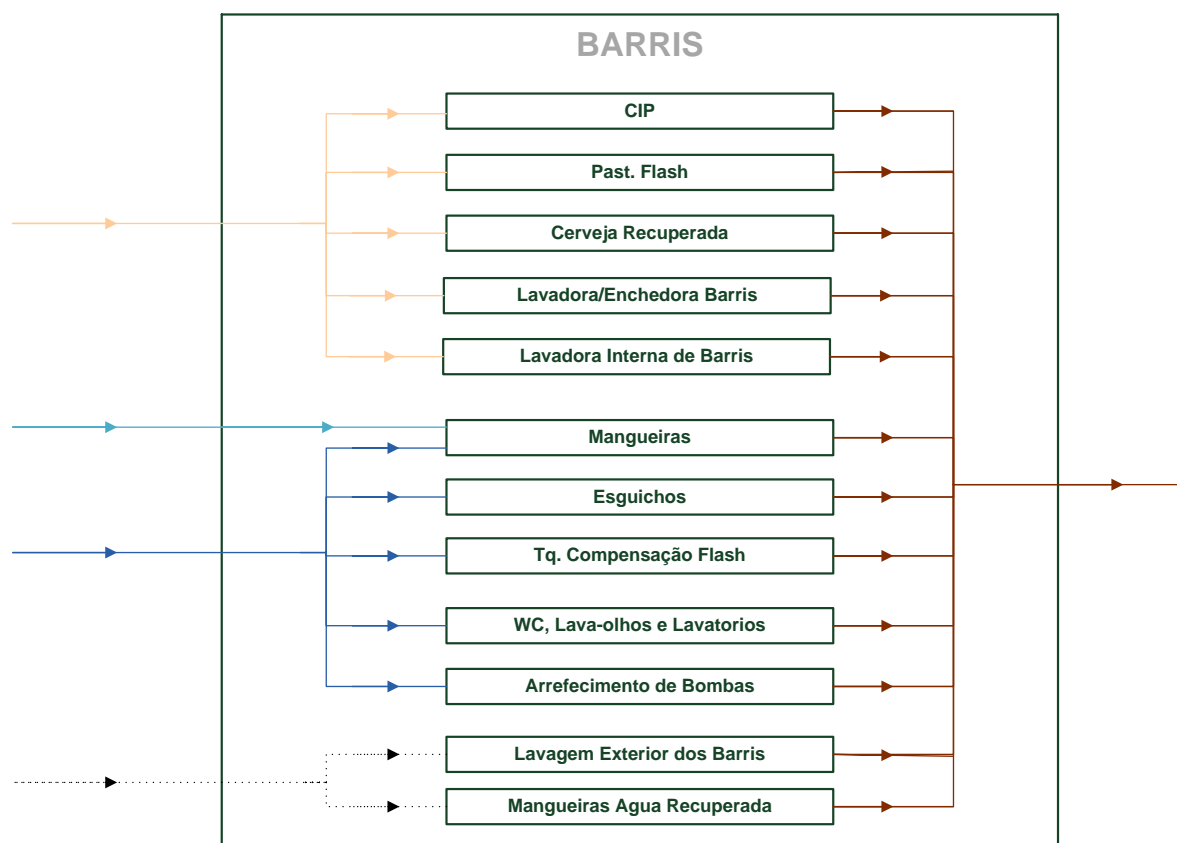


Figura 7.30 – Diagrama de fluxos do subsistema “Enchimento de Barris”

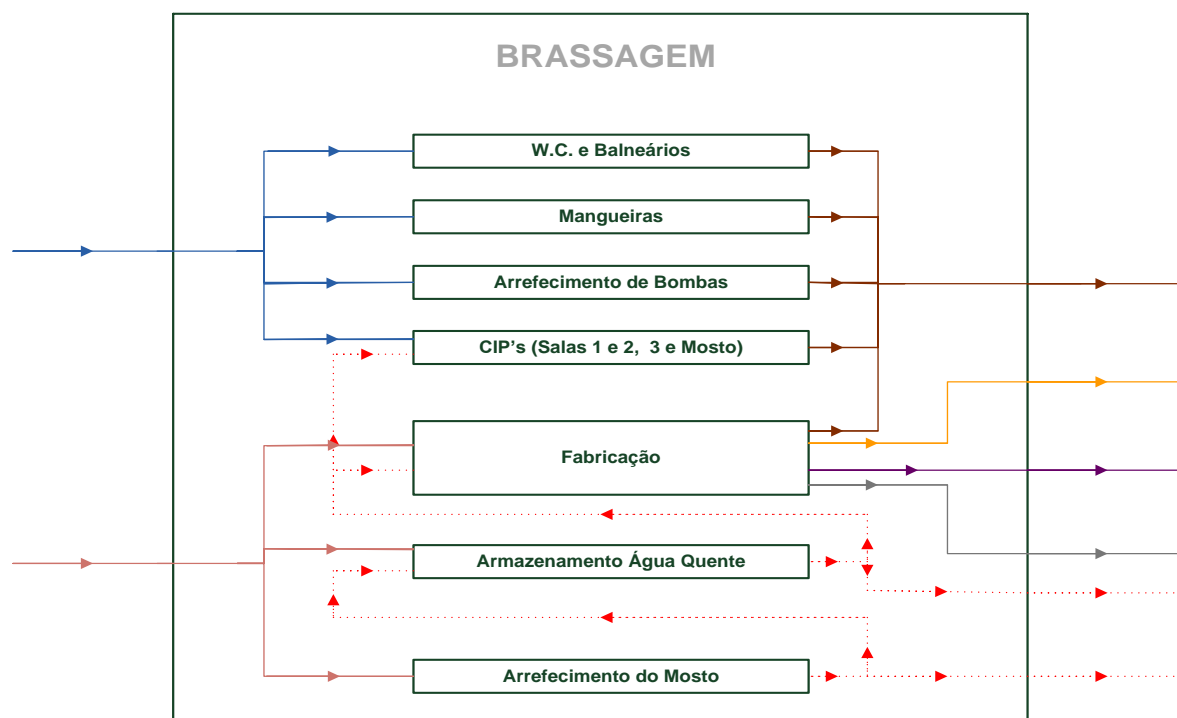


Figura 7.31 – Diagrama de fluxos do subsistema “Brassagem”

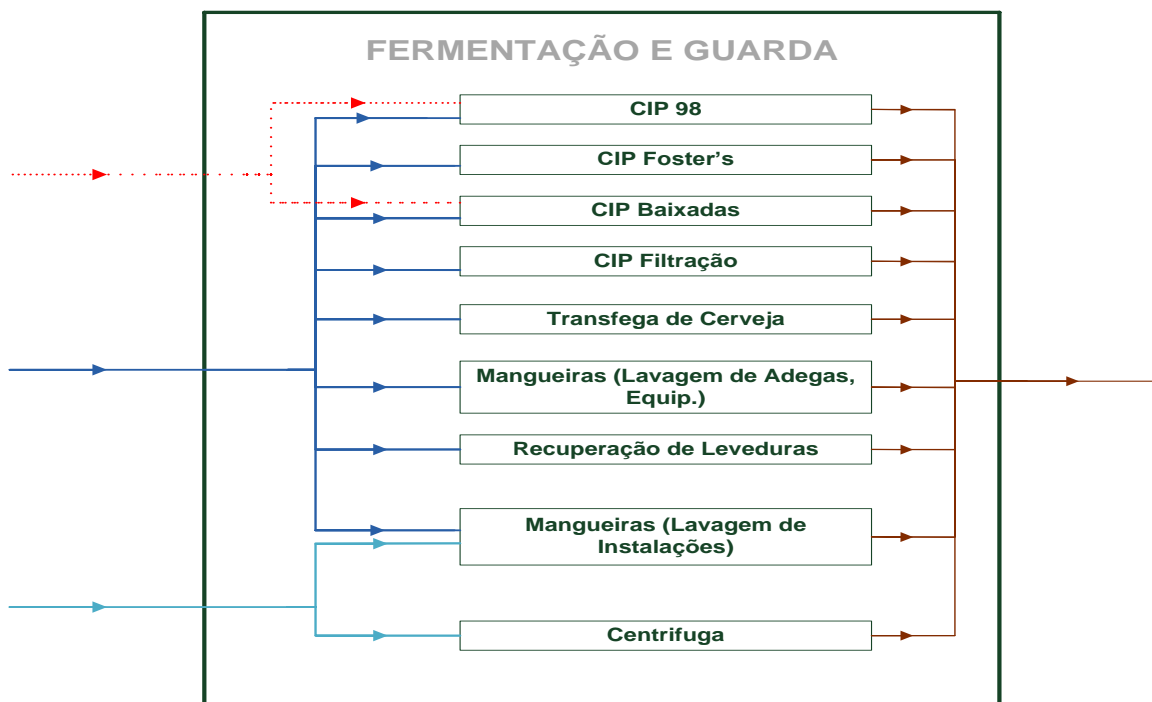


Figura 7.32 – Diagrama de fluxos do subsistema "Fermentação e Guarda"

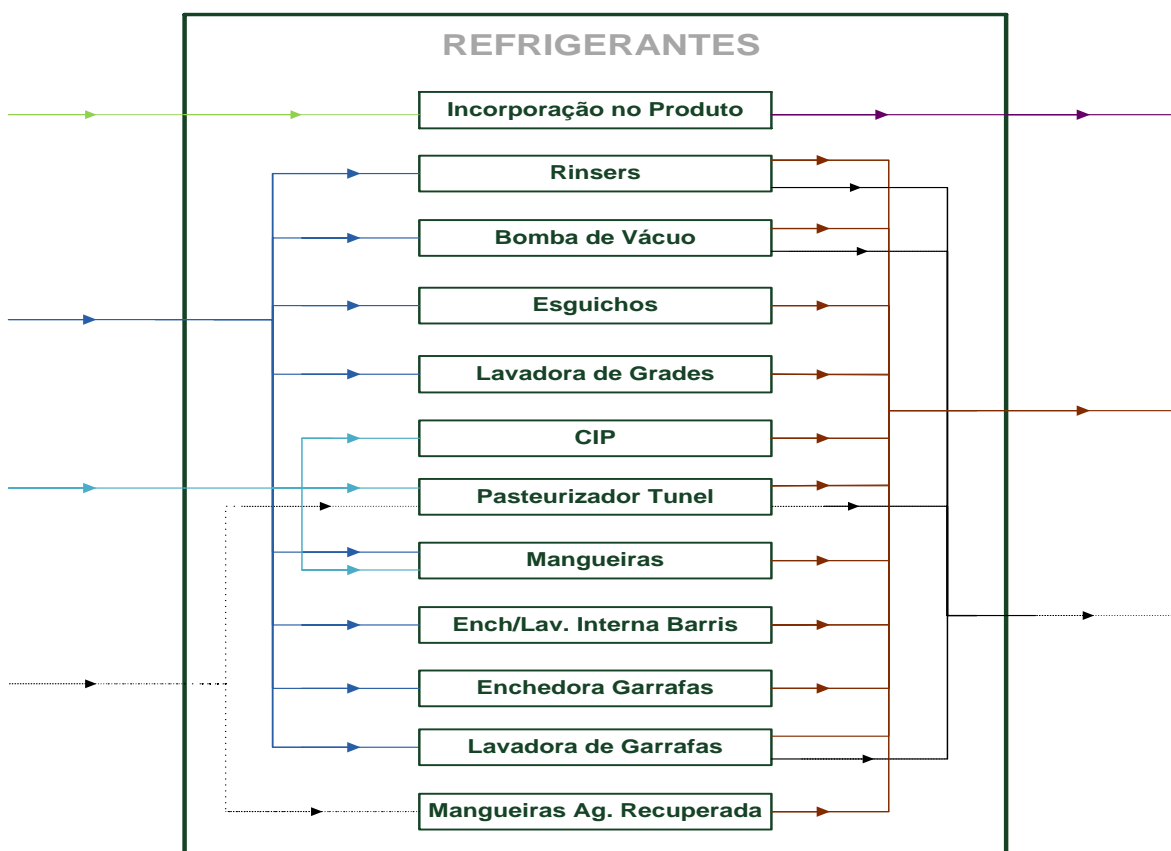


Figura 7.33 – Diagrama de fluxos do subsistema "Refrigerantes"

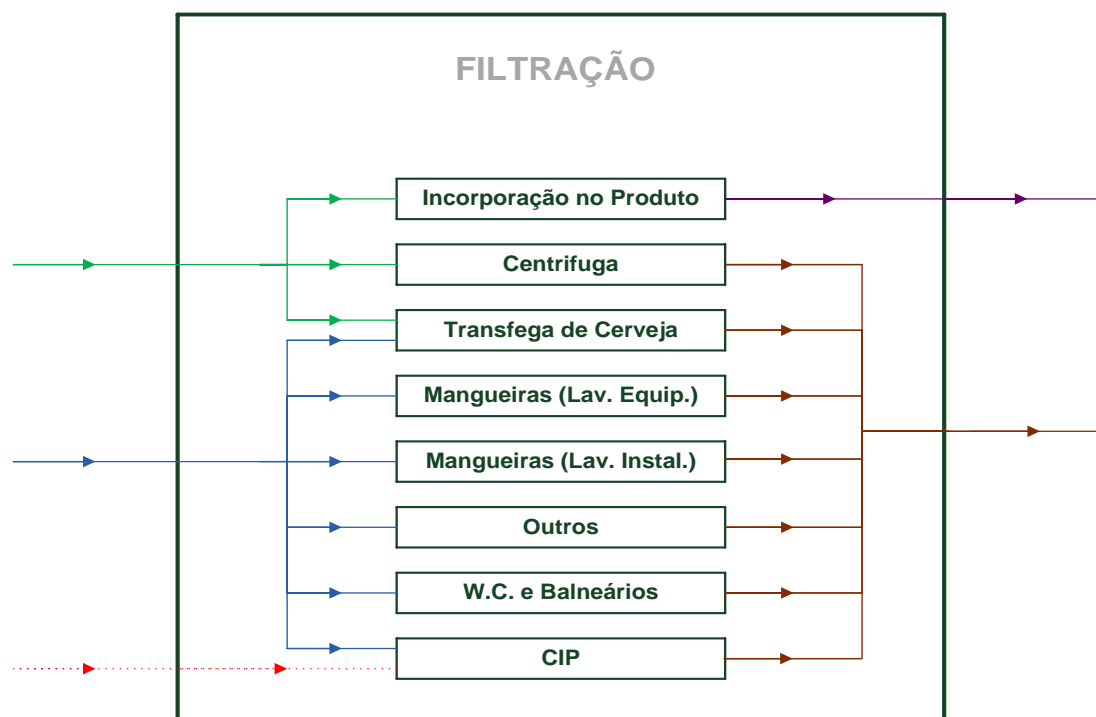


Figura 7.34 – Diagrama de fluxos do subsistema "Filtração"

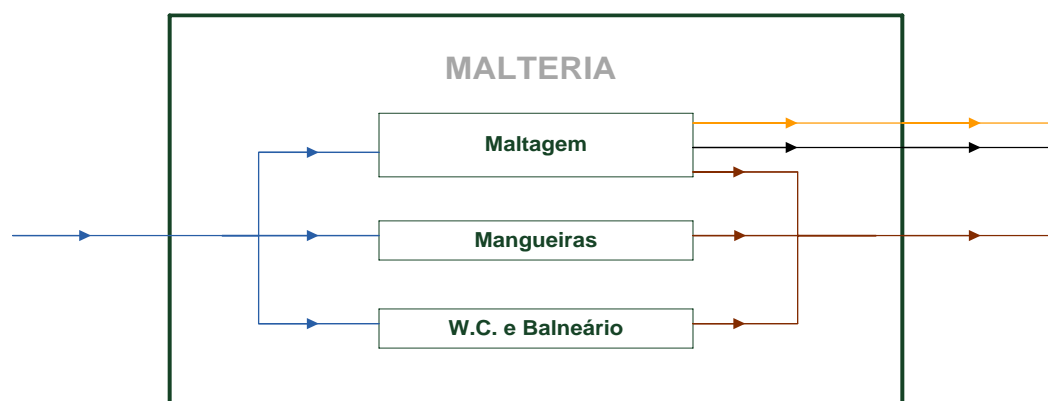


Figura 7.35 – Diagrama de fluxos do subsistema "Malteria"

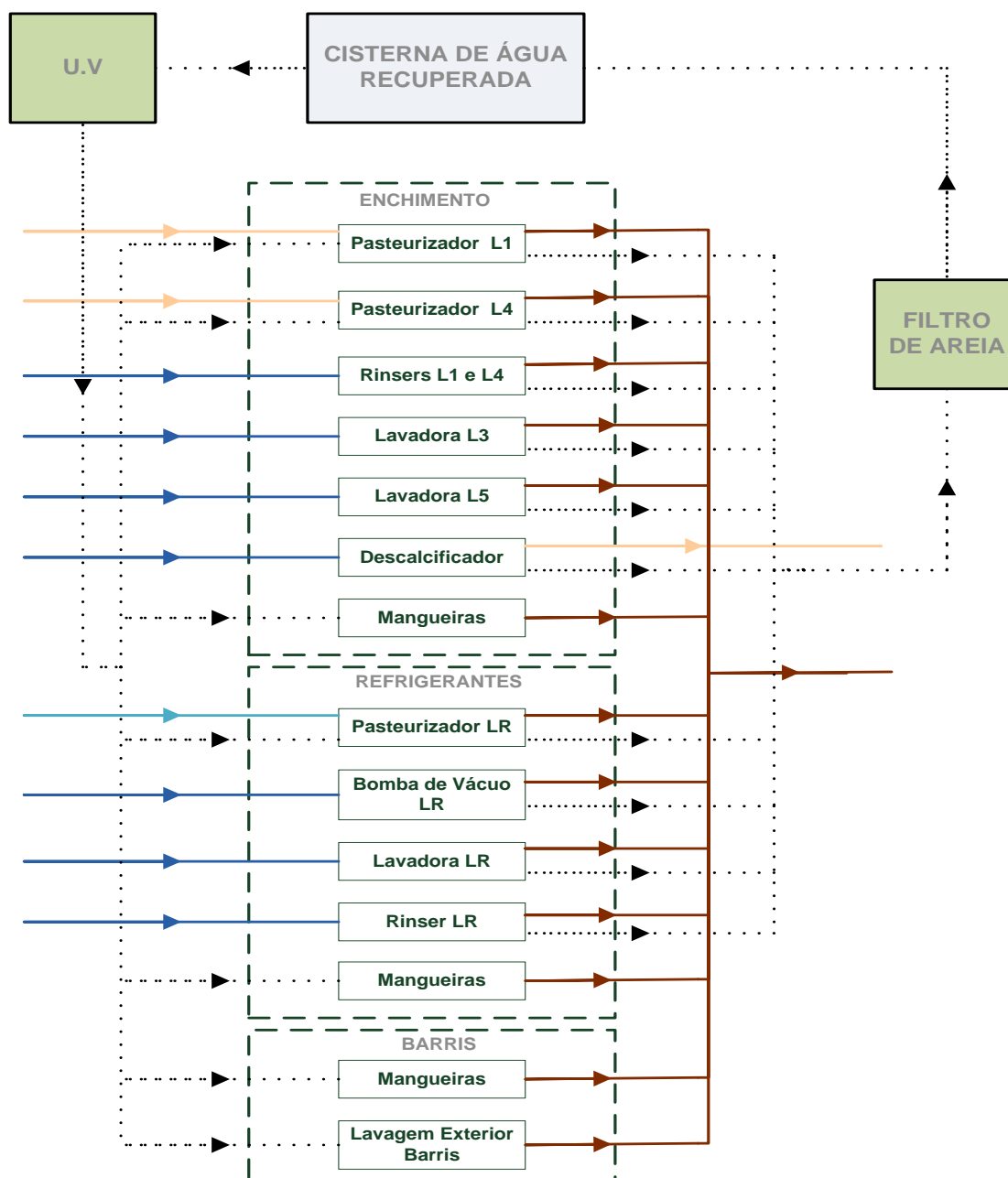


Figura 7.36 – Diagrama de fluxos do circuito de distribuição de água recuperada

A partir da análise dos diagramas específicos, que sintetizam a informação relativa à distribuição de água pelos consumidores finais, foi elaborada a estratégia de gestão do uso da água.

7.7 Estratégia de Gestão da Água

A implementação de uma estratégia de gestão da água está fortemente dependente do conhecimento de todos os seus fluxos, a um nível de detalhe tanto maior quanto o for a sua representatividade em termos de quantidade e qualidade. Não seria possível, no âmbito deste trabalho, identificar detalhadamente todos os fluxos de água. Tanto pela dimensão como pela

complexidade do universo de estudo. Tendo em conta esta realidade, e assumindo que uma estratégia de gestão implica um conjunto de acções continuadas ao longo do tempo, a Estratégia de Gestão da Água que se propõe aqui, está dividida em três planos temporais de implementação: curto, médio e longo prazo.

Assim, a curto prazo, sugere-se a implementação de duas principais medidas: instalação de mais contadores, que permitam quantificar os fluxos identificados sem esse tipo informação e instalação de um sistema de leitura e registo dos dados, em tempo real e simultaneamente, dos contadores associados aos principais fluxos. Mais concretamente, sugere-se a instalação de contadores nos seguintes locais:

- Fluxo que serve as linhas 1 e 4 do subsistema “Enchimento de Garrafas e Latas” (o contador existe e está instalado mas está completamente inacessível);
- Fluxo de água Descalcificada, que serve o subsistema “Enchimento de Garrafas e Latas”, num local já depois da mistura com água “EPAL+Furos”;
- Fluxo não contabilizado que serve o “Laboratório”;
- Fluxo não contabilizado que serve outros pequenos consumidores;
- Circuitos alternativos, desprezados como forma de simplificação do circuito geral de distribuição de água (como por exemplo o de alimentação dos permutadores de calor na “Brassagem” com água “EPAL+Furos”), que podem introduzir erros no balanço se forem utilizados, permitindo também um melhor controlo de possíveis falhas e más práticas de operação;
- Fluxo de alimentação dos permutadores de calor para o arrefecimento do mosto (“Brassagem”) com água de Fabrico (já estão instalados mas não foi possível recolher registos dos mesmos);
- Fluxos de água associados ao circuito de distribuição de água quente: devido à complexidade do circuito não é possível a instalação de um contador totalizador para as entradas e para as saídas, pelo que seria adequado neste caso a instalação de contadores para os fluxos específicos dos consumidores finais (CIP’s, “Incorporação no Produto”);
- Medidor da variação de armazenamento de todas as cisternas de água, permitindo assim aplicar um balanço de volume com apenas uma incógnita, que seria relativa às perdas;
- Fluxos de água osmotizada para os seus consumidores finais específicos (Torres Novas de Refrigeração, Torres Velhas de Refrigeração e “Produção de Vapor”).

A instalação de um sistema automático de registo dos dados dos contadores acrescentaria, à luz da análise de resultados apresentada, as seguintes mais-valias:

- Controlo mais eficaz da calibração dos contadores através de comparações de registos de volumes, num mesmo espaço de tempo, de contadores totais com a soma dos respectivos contadores parciais (como no caso dos contadores CT45 e CT47 comparados com o CT66, associados ao subsistema “Produção de Vapor”);

- Eliminação dos erros humanos no registo das leituras dos contadores (como os verificados no contador SI4 em Maio de 2008 e no contador CT46, associado ao subsistema “Enchimento de Barris”, nos meses de Outubro e Novembro de 2008 e Maio de 2009;
- Eliminação de erros nos balanços de fecho do ciclo da água (como os identificados na Figura 7.13 e Figura 7.15), possibilitando maior certeza na aferição da existência de perdas ou “picagens” aos circuitos de distribuição não contabilizadas.

O conjunto destas medidas iria possibilitar uma identificação de eventuais perdas mais eficaz. Tendo em consideração a análise ao gráfico da Figura 7.26, a identificação concreta das perdas verificadas poderá significar uma redução significativa do consumo de água, representando assim um primeiro passo (simples e com baixo nível de complexidade e custos), na melhoria da eficiência do uso da água pela redução das perdas associadas. Também ao nível do custeamento da água por cada subsistema se poderão verificar benefícios. Na Figura 7.37 é ilustrada a amplitude máxima económica equivalente entre o consumo de água contabilizado com base nos contadores na origem do sistema de distribuição de água, com base nos contadores finais do sistema de distribuição de água e o consumo contabilizado na base de dados “Utilidades”. Estes resultados foram obtidos considerando um custo da água ponderado de 2,4 €/m³ tendo em conta os volumes utilizados e os diferentes custos da água fornecida pela EPAL e da água captada dos furos.

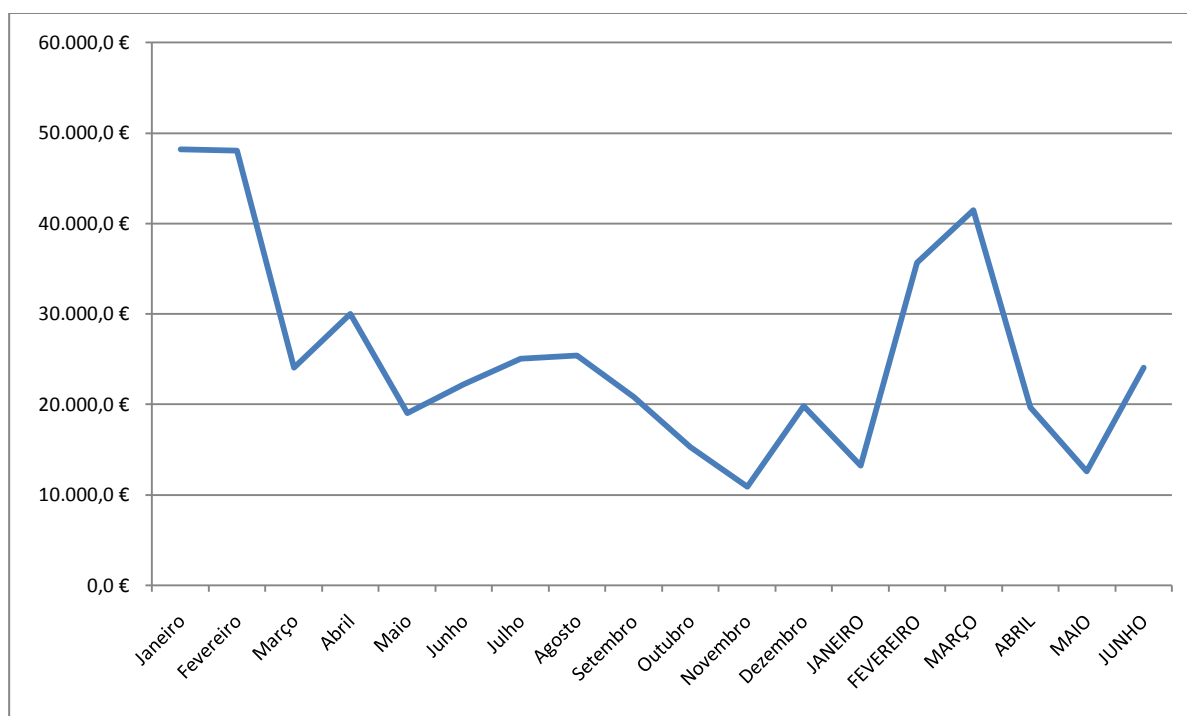


Figura 7.37 – Amplitude máxima económica equivalente de diferença entre balanços

A médio prazo, sugere-se a revisão da qualidade dos fluxos de água utilizados para determinados consumidores finais e da eficiência e adequação das tecnologias de tratamento de água para afinação da sua qualidade. Um exemplo de uma possível utilização inadequada verifica-se

ao nível dos fluxos de água descalcificada e água recuperada, utilizados para a mesma operação no subsistema “Enchimento de Garrafas e Latas”. Outra medida a médio prazo, também relacionada com os níveis de qualidade da água necessários para determinados processos, é a segregação de fluxos entre mangueiras utilizadas na lavagem de instalações e mangueiras utilizadas na lavagem de equipamentos com contacto com produto, com níveis de exigência de qualidade da água diferentes. Na sequência destas medidas, poderão surgir novas oportunidades de melhoria do uso eficiente da água, através da substituição (parcial ou, em último caso, total) das fontes de água actuais por fontes alternativas, como por exemplo captação de água da chuva, utilização da água osmotizada para outros processos por substituição do seu fluxo de alimentação actual por outro mais adequado ao tratamento por O.I. (por exemplo água das purgas das torres de refrigeração ou água do circuito de água recuperada). Estas três medidas apresentadas poderão, tendo em consideração a prévia implementação das medidas indicadas a curto prazo que permitam uma quantificação mais precisa dos fluxos de água, ser auxiliadas de outras ferramentas de gestão da como a “water pinch analysis”.

A longo prazo poderão ser então analisadas e implementadas novas tecnologias de tratamento de água que permitam a reutilização de outros fluxos de água ainda não utilizados ou que permitam níveis de qualidade superiores a partir dos fluxos já em uso, possibilitando a sua utilização em mais operações.

A gestão do uso da água deverá ser sempre auxiliada por indicadores quantitativos adequados (KPI) que permitam avaliar os impactos das medidas adoptadas no consumo de água. Igualmente imprescindível será a realização de avaliações técnico-económicas das medidas de potencial implementação a médio e longo prazo.

8 Conclusões

Partindo dos resultados da caracterização da SCC, parece-nos clara a existência, actualmente, de um conjunto de medidas implementadas respeitantes à eficiência do uso da água, como é o caso da utilização de água recuperada e da água osmotizada. Sem estas medidas certamente o consumo de água seria bastante superior ao actual. Não obstante estas medidas já aplicadas, muitas outras poderão ser implementadas, com claros benefícios ambientais e económicos, e algumas delas melhorando as boas práticas já utilizadas. A estratégia de gestão apresentada deverá ser vista como uma mera linha orientadora e não como uma verdade absoluta, que a ser implementada e seguida deverá ser alvo de uma melhoria contínua, principalmente no que diz respeito à integração de outras variáveis condicionantes dos perfis de consumo que não foram aqui abordadas.

Comparando os resultados de consumo de água obtidos com os de referência apresentados no Quadro 3.3 - Consumo de água para diferentes processos de produção de cerveja (*fonte:*), confirmamos o seu enquadramento dentro dos limites apresentados. Apesar de alguns indicadores medidos nesta unidade industrial estarem abaixo do valor medido referenciado na literatura (como é o caso do consumo global de 0,43 m³/hl face aos 0,47 m³/hl indicados no Quadro 3.3, ou do consumo da “Brassagem” de 0,11 m³/hl face aos 0,13 m³/hl), alguns outros encontram-se mais próximos do valor máximo como é o caso da “Filtração” e do “Enchimento de Garrafas e Latas”. Esta situação aliada ao facto dos dados de referência mencionados na literatura poderem estar algo desactualizados devido aos progressos verificados na eficiência do uso da água neste sector desde 1992, realçam as potencialidades de melhoria de uso da água nesta unidade industrial e os seus consequentes benefícios económicos.

De toda a experiência prática e de acompanhamento no campo (que muitas vezes não é possível de transpor para o papel) dos processos e das pessoas neles envolvidas, destaca-se a importância do envolvimento e sensibilização de todos os seus intervenientes para o sucesso de implementação e manutenção de uma qualquer estratégia de gestão da água. Esta só é possível com pessoas, com o seu envolvimento e o seu compromisso no sentido de uma melhoria continua.

8.1 Perspectivas Futuras

A elevada complexidade do objecto de estudo, demonstrada pela sua dimensão e pelos diagramas de fluxos apresentados nos resultados, condicionou determinantemente os resultados deste trabalho, no âmbito de uma Dissertação de Mestrado. O conjunto de toda a informação recolhida e alguns dos resultados apresentados demonstram potencial de maior desenvolvimento e análise que não foi possível concretizar neste trabalho. Muitos aspectos ficaram por abordar (eficiência de tratamentos, oportunidades de melhoria noutros subsistemas como por exemplo a “Rede de Incêndios” ou a “Produção de Vapor”) e muitas ferramentas de gestão da água por utilizar. Assim sendo, as perspectivas de desenvolvimento de trabalho nesta área são bastante alargadas e

serão, com certeza, bastante úteis ao desenvolvimento do sector em Portugal e a sua projecção no estrangeiro, numa base de sustentabilidade.

9 Bibliografia

- Alegre, H. (2000). *Performance indicators for water supply services: Manual of best practice*. IWA Publishing.
- APA. (2008). *Licença Ambiental n.º 40/2008*. Amadora: APA.
- ARP. (26 de Agosto de 2008). Decreto-Lei n.º 173/2008. *Diário da República*.
- ARP. (29 de Outubro de 2008). Decreto-Lei n.º 209/2008. *Diário da República*.
- ARP. (27 de Agosto de 2007). Decreto-Lei n.º 306/2007. *Diário da República*.
- ARP. (14 de Fevereiro de 2007). Despacho n.º 2339/2007. *Diário da República*.
- ARP. (21 de Agosto de 2000). DL n.º 194/2000. *Diário da República*.
- ARP. (31 de Maio de 2007). DL n.º 226-A/2007. *Diário da República*.
- ARP. (23 de Outubro de 2005). Lei nº58/2005. *Diário da República*.
- ARP. (30 de Junho de 2005). RCM n.º 113/2005. *Diário da República*.
- AWWA (American Water Works Association). (1999). *Water Audits and Leak Detection*. Denver: AWWA (American Water Works Association).
- Barth-Haas Group. (2009). *The Barth Report*. Nuremberga: Joh. Barth & Sohn GmbH & Co KG.
- British Beer & Pub Association. (2006). *The British Brewing Industry - Thirty years of Environmental Improvement 1976 - 2006*. Londres: British Beer & Pub Association.
- Bruggen, B. V., & Braeken, L. (2006). The Challenge of Zero Discharge: From Water Balance to Regeneration. *Desalination*, 177-183.
- Brundtland, G. H. (1987). *Our Common Future*. Reino Unido: World Commission on Environment and Development, Oxford University Press.
- CANMET, E. T. (2003). *Pinch Analysis: for the efficient use of energy, water and hydrogen*. Quebec: CANMET, Energy Technology Center of Natural Resources Canada.
- Dawson, M. (1997). *Water Audit Guide - Case Study - Wesfarmers CSBP Limited Kwinana Works, Independent study contract dissertation*. School of Environmental Science, Murdoch University.
- EIPPCB. (2006). *Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries*. European Commission.
- Feng, X., Huang, L., Zhang, X., & Liu, Y. (2009). Water System Integration of a Brewhouse. *Energy Conversion and Management*, 354-359.
- Fillaudeau, L., Blainpain-Avet, P., & Daufin, G. (2006). Water, wastewater and waste management in brewing industries. *Journal of Cleaner Production*, 463-471.
- FMWR-IUCN-NCF Komadugu Yobe Basin Project. (2006). *Water Audit for Komadugu Yobe Basin*. Kano, Nigéria: Afremedev Consultancy Services Limited.
- Gleick, P. H. (2000). *The World's Water 2000-2001 The Biennial Report on Freshwater Resources*. Washington DC: Island Press.
- IISD. (1996). *Global Green Standards: ISO14000 and sustainable development*. Winnipeg, Manitoba: The International Institute for Sustainable Development.

- Imberger, J. (1997). *Pers Comm*. Nedlands, Western Australia: The center for Water Research, University of Western Australia.
- Lens, P. N., Pol, L. H., Wilderer, L., & Asano, T. (2002). *Water recycling and resource recovery in industry: Analysis, Technologies and Implementation*. Wallington: IWA Publishing.
- Linnhoff, B. (1993). *Pinch Analysis - A state-of-the-art overview*. Rugby: Institution of Chemical Engineers.
- Mann, J. G., & Liu, Y. A. (1999). *Industrial water reuse and wastewater minimization*. New York: McGraw-Hill Professional.
- Martin, I. (2005). The Water Feature. *Brewer's Guardian*, 20-23.
- Moura e Silva, A., Melo Baptista, J., Almeida, M. d., Vieira, P., & Ribeiro, R. (2002). Uso Eficiente da Água para fins Industriais. 6º Congresso da Água (pp. 82-83). Porto: Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos.
- Perry, M., & De Villiers, G. (2003). Modelling the Consumption of Water and Other Utilities. *Brauwelt International Technical Feature*, 286-290.
- Plant and Control Engineering. (2000). Water Balancing Saves Brewery Cash. *Plant and Control Engineering*, 31-32.
- Raskovic, P. (2007). *Water Pinch Technology for Designing Wastewater Reduction and Water Conservation Systems*. Leskovac, Sérvia: Faculty of Technology Engineering.
- Revenge, C. (2000). *Pilot Analysis of Global Ecosystems: Freshwater Systems*. World Resources Institute.
- Ribeiro, F. (2005). *Cervejas e Refrigerantes*. São Paulo, Brasil: CETESB.
- SCC. (2008). *O Nosso Compromisso 08 - Responsabilidade Corporativa SCC*. Vialonga: SCC.
- Shiklomanov, I. (1999). *World Water Resources: Modern Assessment and Outlook for the 21st Century (Summary of World Water Resources at the Beginning of the 21st Century, prepared in the framework of the IHP UNESCO)*. St. Petersburg: Federal Service of Russia for Hydrometeorology & Environment Monitoring, State Hydrological Institute.
- Sturman, J., Ho, G., & Mathew, K. (2004). *Water Auditing and Water Conservation*. IWA Publishing.
- Tavares, J., Oliveira, A., Florindo, F., Oliveira, R., Machado, D., & Santos, J. (2008). *Abordagem Sistemática ao Diagnóstico do Uso Eficiente da Água - Malteria da Sociedade Central de Cervejas e Bebidas, S.A.* Lisboa: ISA - UTL.
- Thomas, I. (1998). *Environmental Impact Assessment in Australia. Theory and Practise*. Sidney: The Federation Press.
- UNESCO. (1999). *Summary of the Monograph 'World Water Resources at the beginning of the 21st Century'*. UNESCO.
- UNESCO. (2009). *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris: UNESCO Publishing.
- World Water Forum. (2000). *The CEO Panel Joint Final Statement at the 2nd World Water Forum*. The Hague: World Water Council.

Anexos - Bases de Dados e Dados Auxiliares

Quadro A.1 – Base de dados “Utilidades” 2008

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
Endimento Garrafas	36252	31069	29931	36660	35355	40473	47249	42143	40219	38146	29336	27946	434779
Brassagem	19834	18772	32140	38153	37753	37723	42707	44249	34517	35176	25950	22099	389072
Malteria	28997	21799	19544	17536	18200	17993	19297	897	17915	19280	19043	18802	219304
Filtração	12926	12803	13532	16554	14418	17292	17991	19794	14218	13498	11038	10553	174617
Ferm. e Guarda	9146	10065	9515	11279	11488	13038	17441	11416	12353	9363	11846	7445	134396
Produção Frio	6906	6430	6078	7701	7263	10174	9988	5820	4065	6004	2578	3185	76193
Refrigerantes	3685	5076	4554	4209	5187	7101	8832	9932	6502	8274	4271	3161	70783
Endimento Barris	3219	2975	3398	3234	4085	6076	7008	7451	5045	9514	5050	4264	61320
Produção Vapor	3287	3331	5681	6069	5623	5894	6953	4880	2956	5473	2827	4263	57239
Rede Incêndios	1981	1479	2960	3083	3821	5824	7259	5257	6214	3320	3940	2123	47259
Corpo AB	1841	1754	1814	2056	1865	2229	2543	2396	2409	2415	2258	1877	25458
CO2	1527	1466	1596	1120	2156	1812	1593	1091	858	1421	994	416	16049
Etar	428	875	1199	1133	870	489	992	1033	902	969	728	809	10427
Retrolavagem	680	660	619	599	563	588	713	1589	1088	1112	663	604	9478
Oficinas	3459	4273	17	22	12	19	11	9	10	12	14	14	7870
Laboratório	84	89	340	353	321	339	333	319	324	327	323	321	3473
Armazéns Gerais	161	201	206	175	54	102	53	46	48	51	46	68	1211
Secagem Leveduras	32	31	24	35	40	38	23	31	38	34	23	20	371
Of. Estação Serviço	0	0	82	51	69	78	4	28	4	2	0	32	351
Oficina Viaturas	0	0	46	33	28	31	2	11	2	1	0	13	166
Movimento	1	1	33	27	14	16	1	6	1	0	0	6	106
Outras	8213	9348	5977	5604	5991	5742	6268	6558	5684	6344	5049	4180	74960
Total	134445	123149	133311	150083	149185	167329	190995	158399	149688	154392	120927	108019	1739922

Quadro A.2 – Base de dados “Utilidades” 2009

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	Total
Enchimento Garrafas	24.731	26.282	35.396	39.831	30.244	38.424	194.909
Brassagem	23.452	25.978	33.887	30.966	33.407	37.416	185.107
Malteria	19.744	17.764	17.931	18.353	12.775	166	86.732
Filtração	9.704	11.265	13.109	12.913	14.828	16.776	78.595
Ferm. e Guarda	8.244	7.825	9.078	9.742	9.093	9.982	53.963
Refrigerantes	3.863	3.042	8.988	11.494	5.240	5.260	37.886
Enchimento Barris	4.002	4.132	5.191	4.724	11.507	5.248	34.804
Rede Incêndios	3.856	3.870	3.091	7.019	6.406	3.543	27.784
Produção Frio	3.059	3.399	5.198	4.329	5.655	5.055	26.694
Produção Vapor	4.233	3.976	4.492	3.835	4.774	4.617	25.928
Corpo AB	1.974	2.139	2.244	2.279	2.484	2.378	13.498
Etar	712	843	971	1.205	2.121	1.522	7.374
CO ₂	461	581	688	949	1.128	1.157	4.965
Retrolavagem	942	729	489	480	285	367	3.293
Laboratório	350	324	322	325	319	340	1.979
Movimento	66	29	64	90	31	0	281
Of. Estação Serviço	23	40	42	40	44	51	240
Armazéns Gerais	64	18	21	17	28	33	180
Secagem Leveduras	25	72	26	22	15	18	178
Oficinas	11	28	19	24	21	14	118
Oficina Viaturas	9	16	17	16	17	20	96
Outras	4.639	4.819	4.903	5.446	6.493	5.899	32.201
Total	109.527	112.352	141.263	148.652	140.422	132.387	784.603

Quadro A.3 – Base de Dados “Contadores” 2008

ÁGUAS - A2	2008												
CT	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	TOTAL
1	2274	3083	1967	2461	2404	2628	3238	2462	2473	2456	4864	1476	31786
2	0	0	80	40	94	28	6	38	6	3	0	42	337
3	2265	2896	3325	3503	3447	4532	4199	3831	3427	3114	2179	1909	38627
4	1017	1007	1081	1138	1251	1396	1359	1223	1359	1426	1302	998	14557
7	0	0		17	14	11	11	9	11	7	4	6	90
10	135	169	194	166	53	98	52	45	46	51	45	65	1119
11	1749	1675	1683	1871	1780	1952	1857	1936	1824	1881	1425	1271	20904
12	530	550	410	460	526	490	616	504	450	500	310	220	5566
13	70	75	70	85	62	77	77	63	62	77	70	54	842
14	3621	3327	3081	3786	3310	5627	4838	2763	2120	3278	1095	1211	38057
15	1958	1901	2513	3323	3638	3989	4745	2961	1830	2754	1477	1881	32970
16	245	234	179	253	177	253	242	49	12	19	16	25	1703
17	1311	1187	1195	1113	1093	1017	1284	1075	1218	1252	1510	1271	14526
18	782	881	1259	1316	1387	1286	1121	1000	1016	941	670	390	12049
19	814	793	534	413	433	518	541	484	553	428	211	341	6063
20	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
22	6384	6467	9060	9717	10575	11041	12257	12162	9623	10618	6974	5466	110344
23	70	107	3867	124	270	204	731	917	191	169	228	107	6985
24	30200	26400	28570	34050	35025	41108	48920	44470	39340	39200	29705	26585	423573
25	21020	16402	29021	38767	41409	41966	47770	47833	38262	38369	28151	21733	410703
26	1941	1883	2478	3301	3621	3970	4750	2921	1820	2735	1465	1806	32691
27	1885	1430	1750	2832	2038	2366	2918	2820	2814	2616	2240	2486	28195
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	241	356	406	218	507	435	452	737	552	556	534	600	5594
36	24270	17960	18190	16450	17600	16990	18530	800	17160	19150	18730	17720	203550
38	5792	1957	3926	4791	6448	7203	8234	8911	6612	5073	3717	1647	64311
39	423	556	582	568	539	566	694	1557	1048	1111	657	573	8874
40	1278	1235	1501	1063	2098	1748	1564	1069	826	1419	984	395	15180
41	119	124	95	88	116	116	127	111	121	74	58	44	1193
42	1612	1554	1832	2261	2006	2359	2692	2495	2475	2557	2375	1909	26127
43	10285	7657	8557	8686	8999	10523	12753	11996	6947	7903	5534	5744	105583
44	27	26	23	33	39	37	23	30	37	34	23	19	351
45	6532	5316	5143	6060	5441	5709	10699	301770	5508	6425	6011	5289	369903
46	69	18	131	0	5	5	8	6	8	4298	724	445	5717
47	8	1	1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	20
48	21267	12222	8214	10431	9057	5970	3517	0	0	0	0	0	70678
49	146	0	0	0	9	1	6	0	0	0	0	0	162
50	138	129	175	75	9	0	13	0	67	275	106	118	1105
51	26147	34193	38689	35750	34966	40166	39778	46150	46506	46877	46656	36958	472836
52	152	165	147	141	86	226	168	150	60	278	121	135	1829
53	2860	2531	2570	3448	3137	5214	4208	2529	1893	2746	789	921	32846
54	7453	6965	8404	9936	9524	11163	12233	11783	9350	9267	7382	7082	110542
55	1980	1650	810	1130	1510	2024	2411	2455	1861	1415	1285	1002	19533
56	210	260	200	300	32	34	51	45	301	150	143	246	1972
57	3789	2510	3432	2773	3623	4974	6210	7232	4100	6700	2800	1752	49895
58	2690	2640	2510	3150	2660	2390	2710	2450	2350	2320	2159	1791	29820
59	80	67	80	168	105	106	94	89	99	61	74	70	1093
62	896	893	755	797	689	919	714	728	771	647	631	640	9080
64	358	737	1127	1075	847	472	974	1012	869	968	721	768	9928
65		143	160	209	117	183	106	85	93	119	138	133	1486
66		11445	5342	5759	5473	5685	6827	4782	2847	5467	2799	4046	60472
67		408	43	1	4	100	322	2	11	2	0	5	898
68		6435	0	0	0	0	160	3000	6790	2070	5890	2070	26415
69		1448	1706	1951	1815	2150	2497	2348	2320	2412	2235	1782	22664
70		787	128	69	1350	1972	2529	1602	1884	1187	829	19	12356
A			825155	46042	45648	46757	48432	48399	47218	37532	48172	45347	1238702
30	59215	46848	54863	67543	67179	76474	87965	80009	62623	64216	45418	39070	751423
31	41786	40852	40229	45333	45132	52224	60551	44409	50588	49165	40955	35563	546787
32	33795	33023	32929	36500	36819	40737	46867	35294	38897	39673	33718	28161	436413
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Quadro A.4 – Continuação da Base de Dados “Contadores” 2008

	2008												
FURO	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	TOTAL
Furo 8	5834	6637	6274	6959	6771	5555	7579,5	7062	7504	7081	7191	6241	80689
Furo 9	10284	11227	11761	11752	10933	11710	11586	11586	10873	11234	11219	10586	134751
Furo 10	27689	24784	24194	23920	23111	25858	26006	26151	25731	26815	27381	25922	307562
Furo 11	7441	7240	7038	6810	6454	6434	6096	6010	5970	5897	5150	7270	77810
SI1	1270	950	960	860	1590	2470	3949,4	2309	2675	1534	1354	697	20618
SI2	0	0	1500	1500	0	2000	1810,4	1098	1073	514	788	529	10812
SI3	355	296	323	565	629	1146	1363	1722	2235	1230	1758	789	12411
SI4	33	0	0	0	0	1	5	22	2	38	0	0	101
D1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D6	1743	1651	2177	2097	2653	4437	5446	5997	3418	3711	2900	2548	38778
D7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TEJO	93.870	84.560	93.300	111.010	110.840	132.840	158.250	122.890	115.750	118.870	84.409	78.231	1304820
ALVIELA	860	0	1.920	2.040	3.510	0	1.690	61.860	1.860	186	29	43	73998
VERDELHA	7.130	7.270	8.230	8.580	8.640	11.080	11.540	11.670	11.520	10.430	9.510	6.640	112240
T+A-V (SCC)	87.600	77.290	86.990	104.470	105.710	121.760	148.400	173.080	106.090	108.626	74.927	71.635	1.266.578
TEJO (85002)	121.090	113.850					155.170	119.400			77.480		
ALVIELA (85003)	4	3.676					2.358	1.192			203		
VERDELHA	7.160	6.440					11.530	11.530			8.800		
T+A-V (SMAS)													
TORRES NOVAS	2.860	2.531	2.570	3.448	3.137	5.214	4.208	2.529	1.893	2.746	789	921	32846
TORRES VELHAS	1.941	1.883	2.478	3.301	3.621	3.970	4.750	2.921	1.820	2.735	1.465	1.806	32691

Quadro A.5 – Base de Dados “Contadores” 2009

Contadores	2009						Total
	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	
CT 1	1681	1371	1802	1683	1787	1609	9933
CT 2	31	54	59	54	61	67	326
CT 3	1845	2775	3138	2382	2715	3198	16053
CT 4	1306	1129	1272	1027	1122	1132	6988
CT 7	6	3	2	3	4	4	22
CT 10	62	17	21	16	28	31	175
CT 11	1345	1705	2100	1862	1834	1635	10481
CT 12	300	280	380	340	370	370	2040
CT 13	88	61	72	63	68	71	423
CT 14	1125	1061	1910	1658	2743	2420	10917
CT 15	1860	2268	3339	2460	2848	2410	15185
CT 16	31	23	34	112	89	22	311
CT 17	1410	1349	1277	1735	1828	2068	9667
CT 18	376	497	490	602	538	668	3171
CT 19	285	294	540	370	490	425	2404
CT 22	6353	6720	10124	8567	9350	10267	51381
CT 23	51	115	205	174	232	183	960
CT 24	24360	25740	37560	40820	31130	38100	197710
CT 25	23088	25545	36855	31786	35228	39147	191649
CT 26	1818	2244	3285	2426	2823	2354	14950
CT 27	1985	2188	1695	1017	2456	1599	10940
CT 30	41871	44321	65656	60022	63167	65281	340318
CT 31	34159	24016	55482	47502	38715	36907	236781
CT 32	30057	31027	40442	40017	36697	32752	210992
CT 35	621	645	644	607	562	492	3571
CT 36	23470	16790	19040	17490	12550	40	89380
CT 38	2117	1918	4504	3189	3428	5320	20476
CT 39	909	699	490	463	284	139	2984
CT 40	445	557	689	915	1125	1094	4825
CT 41	80	51	76	77	66	77	427
CT 42	2087	2194	2441	2302	2638	2422	14084
CT 43	6242	5659	11237	12308	8104	7478	51028
CT 44	24	69	26	21	15	17	172
CT 45	5654	5063	5927	4997	7062	6454	35157
CT 46	4	3	3	1	6842	365	7218
CT 48	0	0	0	0	14217	28593	42810
CT 49	0	0	0	0	0	208	208
CT 50	98	120	144	139	170	96	767
CT 51	45455	40572	46696	43033	34327	14815	224898
CT 52	120	139	148	152	151	93	803
CT 53	686	742	1592	1341	2376	2149	8886
CT 54	6304	6858	8968	8626	10446	10873	52075
CT 55	1286	838	1969	1887	1546	1510	9036
CT 56	200	180	260	290	200	280	1410
CT 57	2240	1899	6768	8908	3480	3182	26477
CT 58	2050	2150	2410	2750	2510	3220	15090
CT 59	48	78	113	123	99	67	528
CT 60	3055	4505	5406	4513	5005	5251	27735
CT 62	736	739	1000	987	817	577	4856
CT 64	687	808	972	1162	2115	1439	7183
CT 65	105	270	194	233	212	130	1144
CT 66	4083	3812	4497	3698	4762	4365	25217
CT 67	208	0	5	0	1	0	214
CT 68	2870	2460	2910	2810	4710	4690	20450
CT 69	1904	2051	2246	2198	2478	2248	13125
CT 70	1169	79	383	549	517	517	3214
CT A	46226	42847	47595	43795	49523	44563	274549
D6	2492	2727	3822	3424	3421	3375	19261
SI 1	602	699	1664	2118	2063	1328	8474
SI 2	515	559	1011	1332	1671	749	5837
SI 3	1557	1621	393	3225	2620	1272	10688
SI 4	45	32	26	94	35	0	232
FURO 8	6987	6241	7383	5659	9043	8133	43446
FURO 9	10886	10117	11293	9953	11584	10629	64462
FURO 10	26215	23614	27250	25943	27490	25297	155809
FURO 11	6977	6355	7913	6549	7237	4040	39071
TEJO	71690	78450	104750	115620	97550	98390	566450
ALVIELA	1	379	7	52	12	16	467
VERDELHA	6710	6350	9700	9590	5400	9080	46830

Quadro A.6 – Dados de balanço de água recuperada (consumo e produção) 2008

RECUPERAÇÃO DE ÁGUA - ENCHIMENTO															
PRODUÇÃO	Contador	LOCALIZAÇÃO	CONTADOR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	Linha 1 (pasteurizador+rinser)		não												
	Linha 4 (pasteurizador+rinser)														
	Lavadora L3			14383	10250	12140	18230	18859	22622	26664	16500	20226	14497	11827	12824
	Lavadora L5														
	Rinser L6														
	Linha R (pasteurizador + bomba vácuo + lavadora +rinser)	saída tanque de recuperação junto à escada dos refrigerantes	sim	7040	5900	4560	8970	9830	9080	9390	8160	4170	6640	6850	4560
	Descalcificador		sim	219	142	272	279	204	232	270	345	110	183	296	265
	GLOBAL	contador 1(torres de arejamento)-lavadoras (3+5+R)+Past(1+4+R)+rinser(1+4+6+R)+bombas vácuo (R)	sim	20590	16150	16700	27200	21690	24440	20840	10440	11750	11920	8690	8000
		contador 2(torres de arejamento)-lavadoras (3+5+R)+Past(1+4+R)+rinser(1+4+6+R)+bombas vácuo (R)	sim	833	0	0	0	6999	7262	15214	14220	12646	9217	9987	9384
TOTAL = 1+2			21423	16150	16700	27200	28689	31702	36054	24660	24396	21137	18677	17384	
CONSUMO ÁGUA RECUPERADA	LOCAIS DE CONSUMO	LOCALIZAÇÃO	CONTADOR	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
	Pasteurizador L1		sim	9590	7383	7389	12368	8807	10929	11910	8051	10841	8348	7595	7900
	Pasteurizador L4		sim	3277	1525	2501	3457	2937	3063	4519	4126	4382	3318	2064	1932
	Pasteurizador LR		sim	5267	4943	4343	8537	8496	8153	9564	9040	7092	6146	5650	3845
	Mangueiras Refrigerantes		sim	470	227	135	165	163	225	258	233	210	156	235	58
	Mangueiras Barris		sim	339	413	472	465	424	601	555	515	496	338	303	334
	entrada casa das máquinas		sim	25	22	18	28	31	18	8	8192	9	7	6	7
	GLOBAL	1 - Ao lado do filtro de canhão (incorpora pasteurizadores 1 e 4, total dos Refriger., mangueiras barris)	sim	18791	14271	14553	25400	20724	22989	25029	21939	21801	11691	16069	14177
		2 - Cave - tubagem junto ao tecto perto do filtro de canhão (mangueiras grt/latas)	sim	1649	1375	1941	1969	1781	2662	2505	2350	2239	1883	1733	1759
		TOTAL = 1+2		20440	15646	16494	27369	22505	25651	27534	24289	24040	13574	17802	15936

Quadro A.7 – Dados de balanço de água recuperada (produção e consumo) 2009

RECUPERAÇÃO DE ÁGUA - ENCHIMENTO															
PRODUÇÃO	Contador	LOCALIZAÇÃO	CONTADOR	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	Linha 1 (pasteurizador+rinser)		não	10818	12922	8628	1468	0	0	0	0	0	0	0	0
	Linha 4 (pasteurizador+rinser)														
	Lavadora L3														
	Lavadora L5														
	Rinser L6														
	Linha R (pasteurizador + bomba vácuo + lavadora +rinser)	saída tanque de recuperação junto à escada dos refrigerantes	sim	6730	4050	7430	3130	0	0	0	0	0	0	0	0
	Descalcificador		sim	227	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GLOBAL	contador 1(torres de arejamento)-lavadoras (3+5+R)+Past(1+4+R)+rinser(1+4+6+R)+bombas vácuo (R)	sim	8000	7650	7440	2960	0	0	0	0	0	0	0	0
		contador 2(torres de arejamento)-lavadoras (3+5+R)+Past(1+4+R)+rinser(1+4+6+R)+bombas vácuo (R)	sim	9548	9322	8618	1638	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL = 1+2			17548	16972	16058	4598	0	0	0	0	0	0	0	0	
CONSUMO ÁGUA RECUPERADA	LOCAIS DE CONSUMO	LOCALIZAÇÃO	CONTADOR	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
	Pasteurizador L1		sim	6841	7769	5502	-5E+05	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pasteurizador L4		sim	2437	2535	348655	-4E+05	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pasteurizador LR		sim	5300	3253	5304	1253	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mangueiras Refrigerantes		sim	111	53	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mangueiras Barris		sim	358	344	393	366	0	0	0	0	0	0	0	0
	entrada casa das máquinas		sim	9	11	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	GLOBAL	1 - Ao lado do filtro de canhão (incorpora pasteurizadores 1 e 4, total dos Refriger., mangueiras barris)	sim	13191	13107	12419	3015	0	0	0	0	0	0	0	0
		2 - Cave - tubagem junto ao tecto perto do filtro de canhão (mangueiras grt/latas)	sim	2146	1716	1678	170	0	0	0	0	0	0	0	0
		TOTAL = 1+2		15337	14823	14097	3185	0	0	0	0	0	0	0	0
				avariado											

Quadro A.8 – Consumos de água estimados para a lubrificação dos tapetes transportadores, por linha de enchimento

Linha	Consumo estimado água/hora trabalho	Consumo estimado de água/ano
1	0,658 m ³ /h	4839 m ³
2	1,062 m ³ /h	6084 m ³
3	1,219 m ³ /h	7192 m ³
4	0,006 m ³ /h	20 m ³
5	1,267 m ³ /h	6781 m ³
6	0,667 m ³ /h	4211 m ³
BC	0,423 m ³ /h	1150 m ³
BR	0,035 m ³ /h	31 m ³
R	0,766 m ³ /h	2774 m ³
TOTAL	6,103 m³/h	33.082 m³

Quadro A.9 – Dados de tempo de operação e volume de produto enchido, por linha de enchimento (HL: volume cheio; WT: tempo de operação)

Linha	Ano civil/mês	2008												2009					
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho
L01	WT	461,52	327,75	320,00	639,43	501,75	552,00	684,37	630,33	660,33	643,05	617,88	667,22	575,83	631,83	501,42	334,73	643,00	539,33
	HL	55,273	37,693	35,611	75,507	57,008	58,930	72,500	68,608	70,729	68,764	61,638	63,680	49,008	58,379	54,749	21,275	61,225	54,669
L02	WT	358,33	406,67	618,03	483,58	442,75	447,67	576,83	469,53	458,92	481,95	329,82	414,33	399,83	104,00	587,92	515,17	472,00	555,83
	HL	25,510	29,255	45,078	36,608	33,409	27,062	32,861	28,139	27,969	32,523	22,774	29,241	22,922	5,728	29,301	27,676	27,112	33,594
L03	WT	467,42	387,25	116,00	472,33	552,98	580,78	651,33	583,25	593,00	459,63	387,72	409,33	510,78	567,00	664,00	580,00	461,17	568,00
	HL	34,484	28,605	8,405	32,919	39,690	40,251	46,052	41,121	41,211	32,425	26,767	26,612	31,290	39,570	46,924	39,232	29,687	38,693
L04	WT	275,67	118,25	223,55	314,73	218,83	321,52	454,03	430,00	397,83	263,00	189,75	136,52	236,00	253,00	54,25	419,92	383,05	260,17
	HL	15,023	5,569	11,465	20,349	12,537	17,819	23,790	24,285	19,918	14,886	8,942	6,007	12,575	14,030	2,697	19,475	20,224	9,566
L05	WT	340,77	248,00	416,57	354,83	475,83	485,42	653,83	563,77	473,00	381,83	335,42	419,75	144,00	365,75	496,85	402,10	428,00	529,83
	HL	35,408	25,726	43,786	36,138	51,742	46,360	60,123	55,093	41,932	35,912	29,865	39,140	12,406	29,905	52,582	40,869	43,175	54,562
L06	WT	262,70	240,33	317,20	434,48	535,75	624,62	716,30	664,67	668,92	682,67	223,55	360,02	472,08	354,17	399,75	583,42	561,62	530,00
	HL	17,110	12,016	22,382	29,410	37,485	37,172	46,045	35,527	34,385	40,465	13,132	14,172	26,050	24,232	29,013	46,922	45,181	37,723
L0R	WT	298,08	205,00	198,23	285,73	287,55	372,65	390,78	429,05	294,25	255,38	209,28	172,50	298,83	151,67	381,00	341,75	286,00	381,58
	HL	16,905	11,887	9,839	15,810	15,302	18,324	20,978	22,120	14,839	13,430	10,450	8,594	12,219	6,506	17,545	15,861	13,391	23,269
LBC	WT	126,65	143,92	202,53	170,78	212,00	320,62	326,23	282,68	177,30	148,02	115,03	144,28	114,00	147,17	161,90	165,28	202,33	292,98
	HL	26,633	28,726	42,330	34,873	48,594	63,329	66,010	63,137	37,983	32,722	19,483	25,490	20,103	26,916	33,102	33,793	43,908	59,864
LBR	WT	38,50	52,00	41,13	68,00	102,00	99,87	139,00	147,00	71,00	29,00	29,17	73,05	22,00	52,50	91,00	71,00	48,00	96,00
	HL	757	959	692	1,204	1,477	1,678	2,218	1,980	1,299	592	341	1,199	390	781	1,170	841	694	1,634

Quadro A.10 – Dados de consumos de bombas de vácuo por linha de enchimento

Bombas de Vácuo						
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 5	Linha 6	TOTAL
Índice consumo (m ³ /h)	2,298387	3,769531	5,017045	3,811765	2,971	3,501756
Tempo funcionamento da linha (h)	7219	5636	5777	5225	6021	29878
Consumo anual estimado (m ³)	16592,06	21245,08	28983,47	19916,47	17888,39	104625,5

Quadro A.11 – Consumos dos Pasteurizadores e das Lavadoras de garrafas retornáveis do subsistema “Enchimento”

	2008												2009					
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO
Pasteurizador L1	619	24	98	79	58	19	402	1048	0	204	61	66	22	57	87			
Pasteurizador L4	260	88	395	39	260	571	877	339	497	44	29	52	39	30	16			
Pasteurizadores	879	112	493	118	318	590	1279	1387	497	248	90	118	61	87	103			
Lavadora L2	5766	4066	6466	5446	4937	5323	6556	3625	6208	5316	4343	5003	4320	981	5319	4354	4295	5649
Lavadora L3	4419	3594	1139	4513	5248	5079	6033	5739	5586	6160	3823	3921	4436	5323	6135	5161	4108	5311
Lavadora L5	3745	3080	4720	3558	4693	4412	5507	5084	4195	3450	2943	3560	1135	3739	4931	3740	3642	4280
Lavadoras	13930	10740	12325	13517	14878	14814	18096	14448	15989	14926	11109	12484	9891	10043	16385	13255	12045	15240

Quadro A.12 – Consumos de água diários da CIP do subsistema “Barris”

	2008												2009					
DATA	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO
1		0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0
2		20120		33940	30250	68810	39920	19760	42720	47150	0	54230	42380	42790	0	21950	25400	22880
3			34890	22540	32650	30570	23050	28000	48050	47330	42510	31070		31300	55740	21840		28090
4	26900	24510	34380	12690		31100	26630	46400	19280	40050	47170	20530		28990	40140	39230	45950	23960
5	28390		25390	21910	51830	28940	42030	44860	65200		38290	28860	59990	38890	28840		25500	254920
6	37800	23540	23110		33740	39550		29100		43910	34100		47700	32370	48710	31600	28040	30110
7		27710	39960	50740	23080		43170	21420		45050	37780		41250		0	29300	23680	
8	51570	32260		28230	28280		48760	29890	61550	46200			36490		0	20580	31980	31230
9	25170			21460	35170	39290	39220		55050	51630		47060	57400	43500	26170	30310		50770
10	24540		29980	25500		28950	28080		42880	31230	45500	48840		29780	24230			
11	23710	25760	27930	39990		36150	14510	55980	34850		37500	21270		35920	24530		36600	
12	33750	32950	32150		39540	32470		29430	38900		41890	51350	45110	21060	20440		31070	42910
13		25020	22810		26470	1610		28850		52240	47500		57730	35380	40500	38960	45770	
14		22790	39910	33480	24000		70750	22830		46410	41200		37120		0	25610	30180	
15	32070	33440		29110	29980		28310	52400	45170	50080	58730	43050	33060		0	25290	39570	31360
16	30770			22500	26270	66950	28520		51450	30010	59800	26440	15500	44530	33870	19100		28510
17	22330		31030	23290		30040	22470		24610	18260	58730	27130		28980	45250	47850		22970
18	25330	34600	29700	42550		30830	36630	59810	43320		59800	20660		29090	42540		27590	22860
19	25550	30580	19690	35770	67660	29100		29630	39650		33280	35750	52800	26900	44780		35970	23850
20		28750	36180	22550	52630	31740		29110		51870	53560		50720	21190	47680	27170	22630	
21		32520			51970		48360	22920		58710			38540		0	37530	22410	
22	40040	39550					29490	29740	43050	42040		53450	26500		0	24530	32820	37140
23	29400			47000	42830	55720	28760		26550	40970			57700	52860	30010	23430		24230
24	29010		44950	51850		28150	28810		42450	52750	50100		35340	27470	33250	41260		22360
25	22970	32420	22730			30290	41970	43990	33960		56470			43960	22310		55360	33200
26	19890	26730	22970		56100	32760		29000	37660		34750	53590	51920	41260	25650		31780	39750
27		25600	22730		53520	20050		29710		51760	24400		56980	30500	34100	28000	31370	
28		23090	33150	52850	36720		40030	19660		43430	30430		22100			36660		
29	38820	29200		23470	32470		29670	42570	56540	34460		46610	25250			25550		
30	34850			28770	40220	56030	2850		42000	43800		40450	40030		47250	33040		
31	23510		38860				22680			51160		45850			41980			
Total dm3	626370	571140	612500	670190	815380	749100	764670	745060	894890	1E+06	933490	696190	931610	686720	757970	628790	623670	771100
CIP m3	626,37	571,14	612,5	670,19	815,38	749,1	764,67	745,06	894,89	1020,5	933,49	696,19	931,61	686,72	757,97	628,79	623,67	771,1

Quadro A.13 – Registos das leituras realizadas diariamente a cada contador

	22-04-2009	23-04-2009	24-04-2009	27-04-2009	28-04-2009	29-04-2009	30-04-2009	04-05-2009	05-05-2009	06-05-2009	07-05-2009	08-05-2009	11-05-2009	12-05-2009	13-05-2009
	11h00 - 11h30	11h00 - 12h00	11h00 - 11h30	11h15 - 12h00	11h00 - 11h30	11h00 - 11h30	11h00 - 11h30	11h00 - 11h30	11h00 - 12h00	11h50 - 12h20	11h00 - 11h30	11h00 - 11h30	10h50 - 11h30	11h15 - 12h15	11h00 - 12h00
1	24555,6	24631,5	24697,4	24787	24840,1	24918	24981	25078	25153,9	25230,6	25308,1	25397,3	25462,1	25504,6	25574
3	72572,6	72698,6	72833,7	73180,3	73331,9	73417,7	73515,5	73791,1	73912,3	74000,6	74045,6	74156,8	74455,6	74551,8	74623,7
4	14693,7	14736,2	14779,5	14839,5	14895,4	14932,6	14977,9	15066,6	15142,6	15188,4	15227,9	15264,7	15317,2	15369	15417,7
10	4903,7	4903,7	4904,3	4905,5	4906,4	4906,8	4907,5	4908,1	4909,4	4910,5	4911,9	4914	4915,3	4917,8	4919,3
11	29810	29892,9	29963,5	30078,6	30164,4	30248,4	30359,6	30450,6	30514,4	30580,5	30691,3	30803,9	30985,6	31077	31135,3
12	476,3	478,6	481,7	481,7	482,2	482,5	487,2	487,3	488,6	491,3	492,1	494,8	498,1	498,4	499,6
CCC	175420,1	175448,6	175475,7	175477,3	175480,6	175493,4	175495,4	175498,4	175515,7	175518,3	175520,2	175532,5	175541,1	175543,35	175547,75
15	43339	43508,4	43569,4	43727,5	43868,5	43888,8	43949,3	44222,7	44301,4	44391,3	44564,3	44722,2	44995,8	45136,4	45184,9
16	985,3	987,2	988,7	990,3	991	991,7	995,1	996,6	1005,6	1012,5	1030,8	1065,2	1066,3	1067,1	1067,6
17	15181,1	15211,9	15243,4	15335	15374,2	15374,2	15436	15683,7	15760,8	15848,2	15912,3	15969,9	16080,1	16141,3	16186,4
18	15403,1	15441,5	15473,3	15496,2	15508,6	15559,5	15588,1	15607,4	15633,7	15644,6	15653,6	15700,45	15730,7	15740,85	15751,4
19	492,9	4907,5	4922,4	4946,1	4984,8	4993,4	5010,2	5018,8	5036,9	5040,9	5049	5081,1	5087,85	5105,3	5122,1
22	14633,5	145182	145414,8	145893,4	146310,5	146706,7	146991,4	147358,1	147826,66	148319,4	148815,6	149172	149599,4	150109,4	150540,5
23	2522,6	2532	2538,7	2549,8	2556,2	2561,7	2580,8	2614,9	2638,2	2644,1	2651,8	2697,9	2701,2	2705,4	2708,1
24	419810	421831	424041	427142	428452	429897	431374	433700,1	435096	436598,9	437825,1	439149,8	441010,25	442127,2	443569,9
25	475885,5	477695,9	478669,8	479655,5	481367	483178	484315,8	484985	487509	489554,4	491820,5	493593,3	494443,1	496437,4	498121,4
26	51019,1	51186,1	51247,7	51404,1	51544,1	51565,7	51624,3	51891,6	51969,9	52059,75	52231,8	52388,9	52659,4	52799,2	52847
27	26715,1	26802,2	26876,7	27073,4	27089	27101	27120,7	27453,8	27542,5	27614,1	27691	27760,2	28029,25	28086,65	28190,6
35	27457,1	27457,1	27457,1	27606,9	27606,9	27606,9	27629,2	27707,1	27707,1	27707,1	27707,1	27707,1	27810,6	27877,76	27877,76
36	1097659	1098246,6	1098881,3	1100678,1	1101418,2	1102011,7	1102636,4	1105178,3	1105912,2	1106305,5	1106645	1107233	1108561,3	1109188,1	1109828,3
38	117467	117851,3	117890,8	117948,8	118057,4	118305,3	118509,2	118509,2	118806,6	118992,8	119263,8	119413,9	119431,1	119569,5	119709,1
39	11806,8	11814,2	11827,9	11873,3	11888,4	11903,6	11925,6	11999,1	12017,8	12036,4	12055,1	12073,7	12130,3	12149,4	12175,8
40	172609	172656,4	172701,8	172811,1	172819,5	172834,6	172851,8	172916,3	172930,1	172970,5	173011,4	173054,9	173176,8	173211,67	173234,6
41	1024,1	1027	1031,2	1040,1	1043,4	1046,5	1048,5	1051,5	1055,5	1056,6	1059,2	1062,4	1066,6	1067,7	1069,5
42	36683,9	36788,8	36895	37068,1	37194,8	37286,1	37375,9	37547,1	37667,8	37785,3	37912	38029,9	38203,6	38381,85	38478,3
43	152577,8	153101,1	153554	154222,6	154527,9	154814,3	155093,2	155685,8	155898	156210,3	156533,9	156924,35	157568	157852,2	158057
46	66,07	66,12	66,26	66,44	66,54	66,68	66,86	67,13	67,28	67,41	67,46	67,52	67,63	67,68	67,75
48	151842,6	151842,6	151842,6	151842,6	151842,6	151842,6	151842,6	151842,6	151842,6	151842,6	151842,6	151842,6	151842,6	151842,6	151842,6
49	996625,3	996625,3	996625,3	996625,3	996625,3	996625,3	996625,3	996625,3	996625,3	996625,3	996625,3	996625,3	996625,3	996625,3	996625,3
51	674851	676418	677939,5	682538,8	684076,5	685595	687172,9	693311	694847,5	696403,2	697865,9	699400,6	703957,8	705588,7	707092,8
54	121894,5	122321,4	122825,4	123562,1	123969,7	124308,6	124728,9	125587,6	125991,6	126532,9	126882,5	127353,5	127932,6	128247,1	128662,9
55	19433,6	19509,1	19563,3	19674,9	19748	19820,6	19895,9	20031	20099	20191,3	20272,2	20365,6	20428,4	20477,4	20550,4
56	279110	279110	279140	279175	279190	279210	279245	279260	279290	279305	279305	279305	279305	279305	279305
57	77433,5	77769,2	78144,7	78550,4	78661,5	78906,8	79105,6	79444,8	79535,9	79708,9	79791,1	79965,7	80247,9	80286,5	80379
58	385290	385440,1	385547,4	385745,3	385918	386194,5	386398,9	386693,8	386849,3	386980,3	387056	387179,3	387265,4	387339,4	387400
59	8906,6	8906,8	8908,7	8909,5	8930,8	8938	8944	8945,1	8945,4	8946,2	8952	8970,45	8970,5	8971,7	8972,8
60	545883	546081	546279	546665	546868	547027	547232	547667	547873	548077	548258	548492	548905	549080	549233
62	74946,3	74996,1	74930,6	74999,4	75023	75093	75166,1	75231,9	75249,8	75282,1	75335,1	75353,25	75477,9	75536,1	75561,8
63	10389,2	10389,2	10389,2	10389,8	10389,8	10389,8	10389,8	10389,8	10389,8	10389,8	10389,8	10389,8	10389,8	10389,8	10389,8
64	13180,9	13246	13310,2	13407,8	13471,5	13504,5	13561,3	13691,5	13731	13765,8	13832,1	13901,5	14098,7	14168,4	14241,6
65	5121,2	5129	5135,9	5141,2	5171,4	5181,4	5183,5	5201,1	5209,8	5216,5	5219,8	5224,6	5237,1	5243,1	5252,4
66	98475,5	98671	98752,1	99028,9	99226,2	99253,4	99353,3	99615,7	99738,8	99883,9	100125,7	100346,3	100715,4	100965,4	101079,1
70	14270,1	14296,3	14324,7	14358,9	14379,8	14426,5	14456,3	14479	14479	14491,2	14516,6	14549,7	14565	14565	14565
CTA	1406003	1408405	1409953	1414641	1416175	1417756	1419346	1425554	1427120	1428701	1430104	1431753	1436301	1437993	1439813
CTR	75145,7	75146,7	75150,9	76567,7	77243	77526,5	78102,4	80554,4	81601,7	82703	83830,7	84762,7	85962,3	87232,1	88172,7
D4	309749	310017	310522	311053	311288	311875	312077	312447	313060	313109	313377	313897	314141	314148	314712
D5	310969	311548	311979	312645	313011	313073	313487	314080	314157	314777	315084	315085	315608	316023	316123
D6	42458	42649,6	42781	42969,7	43135,5	43299,8	43468,8	43890,4	44237,3	44436,9	44607,1	44719,7	44790,6	44881,2	45002,8
30	-	-	-	-	-	-	-	2900588	2904023	2907245	2910733	2913793	2916699	2919725	2922279
31	-	-	-	-	-	-	-	1621448	1623426	1625551	1627278	1629192	1631589	1633130	1634723
32	-	-	-	-	-	-	-	1631268	1632848	1634568	1636032	1637615	1640471	1641733	1643335
39	-	-	-	-	-	-	-	68118	68118	68118	68118	68118	68118	68118	68118